

Antti Häkämies

Kennopesukoneen ohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.4.2016

Tekijä Otsikko	Antti Häkämies Kennopesukoneen ohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	38 sivua + 2 liitettä 30.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Timo Tuominen Työnjohtaja Antti Sihvonen Automaatioinsinööri Olli Tahvanainen
<p>Tämä insinöörityö toteutettiin Oy Sinebrychoff Ab logistiikan kunnossapidosta vastaavalle Eisenmann Finland Oy:lle. Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa uusi ohjausjärjestelmä kennopesulinjaston kennopesukoneelle ja laatia siitä sähköpiirustukset. Luodun materiaalin perusteella keskus voidaan antaa urakoitsijalle asennettavaksi, koska lupateknisistä syistä johtuen asennustyötä ei ehditty aloittaa insinöörityön aikana.</p> <p>Kennopesukoneen toiminta perustuu vanhentuneeseen releohjaukseen, jonka vuoksi siihen on vaikea lisätä uusia ominaisuuksia. Kennopesurin korkean vedenkulutuksen vuoksi oli ajankohtaista laatia suunnitelmat ohjauskeskuksen modernisoinnista muokattavuuden lisäämiseksi, jolloin vedenkulutusta saataisiin laskettua.</p> <p>Työn aluksi selvitettiin ja listattiin kennopesukoneen toimintaperiaate ja kaikki toivotut toteutettavat uudet ominaisuudet. Selvityksen jälkeen uudesta ohjauskeskuksesta laadittiin sähköpiirustukset, jotka pitävät sisällään piirikaaviot, keskuslayoutin, osaluettelon sekä kaapeliluettelon. Sähköpiirustusten laatimisen jälkeen keskukseen tuleva logiikka ja ope- rintipaneeli ohjelmoitiin valmiiksi ja testattiin toimivaksi.</p> <p>Tämän insinöörityön tuloksena saatiin Eisenmann Finlandin käyttöön kirjallinen dokumentaatio uudesta sähkökeskuksesta sekä toimivaksi testatut ohjelmat keskukseen asennettavaan logiikkaan ja operointipaneeliin.</p>	
Avainsanat	ohjauskeskus, uudistaminen, modernisointi, plc, logiikka

Author Title	Antti Häkämies Modernization of Tray Washing Machine's Control System
Number of Pages Date	38 pages + 2 appendices 30 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructors	Timo Tuominen, Senior Lecturer Antti Sihvonen, Foreman Olli Tahvanainen, Automation Engineer
<p>This thesis was made for Eisenmann Finland Ltd, which maintains the logistics of Sinebrychhoff Ab Ltd. The goal of the thesis was to develop and implement a new control system for tray washing machine and to draw electric schematics from it. With the new schematics the cabinet can be handled for contractor for installation. For technical reasons the implementation could not be started on time.</p> <p>The operation of the tray washing machine is based on outdated relay control system, which is the reason why new features were difficult to implement. Because of the high usage of water, new plans for modernization of the control system were made to achieve more formability to reduce water usage.</p> <p>The first step in this study was to investigate a principle of the tray washing machine and requests for new features. After the investigation, new electric schematics were drawn. This contained circuit diagrams, cabinet layout, parts list and cable list. After the schematics were drawn, the PLC and operator panel were programmed and tested to be ready for installation.</p> <p>As a result of the thesis, a complete documentation from new electrical cabinet, pretested PLC and operator panel software were created. This thesis contains diagrams and descriptions for every input and output of the system.</p>	
Keywords	control cabinet, renewal, modernization, plc, logic controller

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kenno pesukone	2
3	Ohjelmoitavat logiikat	2
3.1	Virtalähde	3
3.2	Keskusyksikkö	3
3.3	Digitaalinen tulo- ja lähtöyksikkö	5
3.4	Analoginen tulo- ja lähtöyksikkö	6
3.5	Operointipaneeli	8
4	Kenttäväylä	9
4.1	Hajautettu I/O	9
4.2	Profibus-väylä	10
4.2.1	Profibus DP	10
4.2.2	Profibus PA	11
5	Logiikan ohjelmointi	11
5.1	SIMATIC Step 7	12
5.2	SIMATIC WinCC	13
5.3	Ohjelmointikielet	14
5.3.1	Logiikkakaavio-ohjelmointi (FBD, Function Block Diagram)	14
5.3.2	Relekaavio-ohjelmointi (LD, Ladder Diagram)	15
5.3.3	Käskylista (IL, Instruction List)	15
5.3.4	Askelkaavio-ohjausohjelmointi (SFC, Sequential Function Chart)	16
5.3.5	Strukturoitu teksti (ST, Structured Text)	17
6	Sähkömoottorin käynnistystavat	18
6.1	Suora käynnistys	18
6.2	Tähti-kolmio-käynnistys	19
6.3	Taajuusmuuttaja	20
6.4	Pehmökäynnistin	22
7	Suunnittelu	23

7.1	Toiminnan määrittely	24
7.2	Komponenttien valinta	24
7.2.1	PLC ja operointipaneeli	24
7.2.2	Sähkökäytöt	25
7.2.3	Muut komponentit	26
7.3	Tekniset piirustukset	26
7.4	Ohjelman suunnittelu	28
7.5	Käyttöliittymän suunnittelu	31
8	Toteutus ja käyttöönotto	33
9	Yhteenveto	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Kennopesukoneen tulojen ja lähtöjen selitykset	
	Liite 2. Piirikaaviokuvat	

Lyhenteet

PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
I/O	Input/Output. Tulot ja lähdöt.
PS	Power Supply. Virtalähde.
VDC	Volts Direct Current. Tasajännite.
VAC	Volts Alternating Current. Vaihtojännite.
CPU	Central Processing Unit. Keskusyksikkö.
A/D	Analog/Digital. Erityisesti muuntimissa tarkoittaa analogisen viestin muuntamista digitaaliseen muotoon.
D/A	Digital/Analog. Erityisesti muuntimissa tarkoittaa digitaalisen viestin muuntamista analogiseen muotoon.
IE	Industrial Ethernet. Teollisuus-Ethernet.
PB	Profibus. Kenttäväyläprotokolla.
AS-i	Actuator Sensor Interface. Kenttäväyläprotokolla.
DP	Decentralized Periphery. Profibus-protokolla, joka on suunnattu erilaisille antureille ja toimilaitteille.
PA	Process Automation. Profibus-protokolla, joka on suunnattu erityisesti prosessiautomaation tarpeisiin.
HMI	Human Machine Interface. Käyttöliittymä.
MBP	Manchester Bus Powered. Profibus PA:n yhteydessä käytetty tiedonsiirto menetelmä.

FBD	Function Block Diagram. Ohjelmoitavien logiikoiden graafinen ohjelmointikieli, joka perustuu erilaisiin logiikkakaavioihin.
LD / LAD	Ladder Diagram. Ohjelmoitavien logiikoiden graafinen ohjelmointikieli, joka perustuu relekaavioihin.
IL / STL	Instruction List. Ohjelmoitavien logiikoiden tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka muistuttaa Assembly-kieltä.
SFC	Sequential Function Chart. Ohjelmoitavien logiikoiden graafinen ohjelmointikieli, joka muistuttaa vuokaavioita.
ST / SCL	Structured Text. Ohjelmoitavien logiikoiden tekstipohjainen ohjelmointikieli, joka muistuttaa C-kieltä.
D.O.L.	Direct On Line. Suorakäynnistys.
PCBA	Printed Circuit Board Assembly. Piirilevy.

1 Johdanto

Tämä insinöörityö toteutettiin Eisenmann Finland Oy:lle Sinebrychoffin tuotantolaitoksessa Keravalla. Työn tavoitteena oli suunnitella uusi ohjausjärjestelmä kennopesulinjaston kennopesukoneelle, luoda logiikkaohjelma uudelle ohjausjärjestelmälle sekä siihen liitettävään operointipaneeliin sekä asentaa uusi järjestelmä vanhan tilalle. Lyhyen aikataulun vuoksi suunnitelma asentamisesta kuitenkin hylättiin, jolloin työstä laadittiin tarvittavat tekniset dokumentit, logiikkaohjelma sekä käyttöliittymä operointipaneelille.

Oy Sinebrychoff Ab on vuonna 1819 perustettu Pohjoismaiden vanhin panimo ja Suomen vanhin elintarvikealan yritys. Sinebrychoff on osa kansainvälistä Carlsberg A/S-konsernia. Vuonna 2014 yhtiön liikevaihto oli 340 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa 15 miljoonaa euroa. Sinebrychoffin kokonaistuotanto vuonna 2014 oli lähes 400 miljoonaa litraa. Sinebrychoff työllistää Keravalla noin 700 henkilöä. [1; 2.]

Sinebrychoffin pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Keravan tuotantolaitoksessa, joka valmistui vuonna 1992. Vuonna 2006 Sinebrychoffin tuotantolaitoksen yhteyteen valmistui automaattinen korkeavarasto, ja vuonna 2011 tuotantoa laajennettiin automaattisella keruukoneella. [3.]

Sinebrychoffista tuli vuonna 2000 osa tanskalaista Carlsberg-konsernia. Carlsberg perustettiin vuonna 1847, ja se on yksi maailman johtavista panimokonserneista. Carlsbergin pääkonttori sijaitsee Kööpenhaminassa. Vuonna 2011 liikevaihto oli 8,5 miljardia euroa, josta liikevoittoa 1,32 miljardia euroa. [4.]

Eisenmann Finland Oy vastaa Sinebrychoffin logistiikan kunnossapidosta. Toiminta on keskittynyt Keravalle Sinebrychoffin tuotantolaitokseen, missä se on toiminut vuodesta 2006 alkaen. Emoyhtiö Eisenmann AG perustettiin vuonna 1951, ja se on yksi maailman johtavista pintaviimeistely-, ympäristö-, sisälogistiikka-, prosessi- ja korkean lämpötilan teknologian järjestelmätoimittajista. Suomessa henkilöstön määrä on 11 henkilöä ja maailmanlaajuisesti henkilöstöä on noin 3 600 henkilöä. [5.]

2 Kennopesukone

Kennopesukone on osa Keravan Sinebrychoffin automaattista kennopesulinjaa, jossa pääasiassa kaupoista palautuneet kertamuovipullojen kennot pestään ja pinotaan uudelleenkäytettäväksi. Linjasto koostuu pesukoneen lisäksi lavaaja- ja purkurobotista sekä lava- ja kennokuljettimista.

Kennojen pesu tapahtuu kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kennot kipataan kahdesti ympäri. Tämä poistaa kennoista irtoroskan, joka muutoin haittaisi pesua ja voisi tukkia pesukoneen. Toisessa vaiheessa kennot kulkeutuvat pesukoneen läpi, jossa ne puhdistetaan kuumalla vedellä ja lipeällä liasta. Pesun jälkeen kennot kuivataan puhaltimella. Sen jälkeen kennot pinotaan uudelleen käytettäväksi.

3 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjelmoitava logiikka (PLC, Programmable Logic Controller) on mikrotietokone, jolla voidaan ohjata erilaisia tosiaikaisia automaatioprosesseja, kuten yksittäisiä koneita tai tuotantolinjoja. Releohjattuun järjestelmään verrattuna PLC:llä toteutetut ohjausjärjestelmät ovat pieniä ja kompakteja, koska suurin osa releillä ja ajastimilla toteutetuista toiminnoista voidaan korvata ohjelmallisesti. [6, s. 102.]

Logiikat voidaan jakaa joko kokonsa puolesta kompakteihin ja modulaarisiin logiikoihin tai prosessorin I/O käsittelykapasiteetin perusteella pieniin, keskisuuriin ja suuriin logiikoihin. [6, s. 105.]

Kompakti logiikka on tarkoitettu yksittäisen koneen ohjaukseen. Erilliselle virtalähteelle ja I/O-korteille ei ole tarvetta, koska ne ovat integroituna keskusyksikköön. I/O on kuitenkin rajallisesti laajennettavissa. [6, s. 105.]

Modulaarinen logiikka rakentuu virtalähteestä, keskusyksiköstä ja sovellukseen vaadittavasta määrästä I/O-kortteja. Logiikka asennetaan prosessorikehikoksi kutsuttuun korttikehikkoon. Lisäksi sitä voidaan laajentaa erillisten laajennuskehikoiden avulla. Sekä prosessorikehikkoon että laajennuskehikkoon mahtuu 3...12 moduulia. Laajennuskehikot liittyvät I/O-korttien kanssa prosessoriin I/O-väylän avulla, joka on tyypiltään rinnakkaismuotoinen ja sen leveys vaihtelee 8...32 bittiin. [6, s. 105.]

Jako pienien, keskisuurien ja suurien logiikoiden välillä tapahtuu siten, että pienissä logiikoissa I/O-määrä on alle sata ja tyypillinen käyttökohde on yksittäisen koneen ohjaus. Keskisuurissa logiikoissa I/O-määrä on 100...500, ja tyypillisesti niitä käytetään solun ohjaukseen. Suurissa logiikoissa I/O:ta on yli tuhat, ja niillä pääsääntöisesti ohjataan kokonaista tehdasta, minkä vuoksi niitä kutsutaan myös automaatiojärjestelmiksi. [6, s. 105–106.]

3.1 Virtalähde

Logiikka saa tarvitsemansa virran virtalähteestä (PS, Power Supply), joka yleisesti toimii 24 VDC:n tai 230 VAC:n käyttöjännitteellä. Virtalähde suojaa myös elektronisia komponentteja rikkoutumiselta erottamalla logiikan verkosta. Tätä kutsutaan galvaaniseksi eli sähköiseksi erotukseksi. [6, s. 107.]

3.2 Keskusyksikkö

Logiikan keskusyksikkö (CPU, Central Processing Unit) on perusrakenteeltaan mikrotietokone, joka koostuu prosessoreista, muistista ja vaihtelevasta määrästä kommunikointiportteja (kuva 1). Prosessoreita voi olla yhdestä neljään kappaletta, jolloin jokaisella prosessorilla on oma erikoistehtävänsä. Erikoistehtäviä ovat käyttöjärjestelmä, ladattu sovellusohjelma, bitti- ja sanaoperaatiot sekä CPU:n ulkopuolinen kommunikointi. [6, s. 107.]

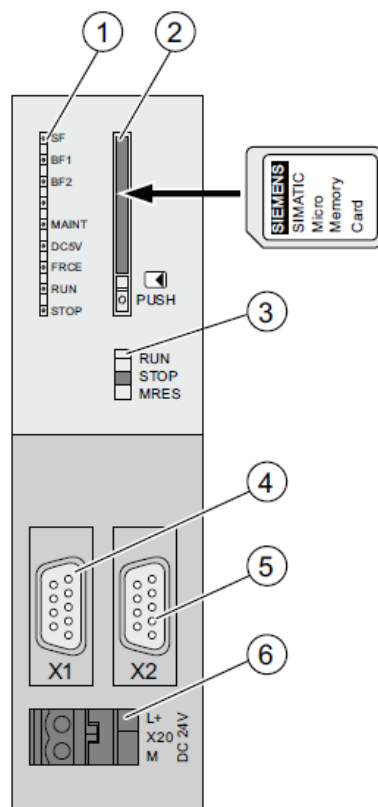
Keskusyksikön muistiin ladattu sovellusohjelma on käskyjoukko, joka lukee logiikan tulojen tilatiedot. Tilatietojen perusteella se ohjaa lähdöt ohjelman mukaiseen tilaan. Ohjelma voidaan suorittaa joko pyyhkäisemällä tai tosiaikaisesti keskusyksiköstä riippuen. [6, s. 112.]

Pyyhkäisevässä logiikassa ohjelmakierto tapahtuu kolmivaiheisessa syklissä. Ensimmäisessä syklissä tulojen tilat luetaan apumuistiin, josta ne seuraavassa syklissä luetaan. Sovellusohjelma suoritetaan sen perusteella. Tämän jälkeen lähtöjen tilat luetaan apumuistiin. Kolmannessa syklissä lähtöjen tilat asetetaan apumuistia vastaaviin tiloihin. Ohjelmakierto kestää muutamia millisekunteja, minkä aikana tulojen tilamuutoksia

ei suoriteta. Pyyhkäisevä logiikka on tosiaikaista hitaampi, mutta erilaisten toimintojen ajoitus on sillä helpompaa. [6, s. 112–113.]

Tosiaikaisessa logiikassa ei ole apumuistia, vaan tulojen ja lähtöjen tilat voivat muuttua myös kesken ohjelasuoritusta. Sen vuoksi ohjelmointi, erityisesti toimintojen ajoitus, on hankalampaa kuin pyyhkäisevässä logiikassa. Tästä on kuitenkin etua työturvallisuuden näkökulmasta, minkä vuoksi tosiaikainen ohjelmakierto soveltuu työturvallisuutta koskeviin sovellusohjelmiin pyyhkäisevää logiikkaa paremmin. [6, s. 113.]

Nykyaikaisissa logiikoissa voidaan käyttää molempia ohjelmakiertoja samanaikaisesti, jolloin kummankin tavan etuja voidaan hyödyntää. [6, s. 113.]



Number	Description		
①	Status and error indicators:	CPU 315-2 DP has only one bus fault LED: CPU 317-2 DP has two bus fault LEDs:	BF BF1 and BF 2
②	Slot for the SIMATIC Micro Memory Card incl. the ejector		
③	Mode selector		
④	1. Interface X1 (MPI for CPU 315-2 DP, MPI/DP for CPU 317-2 DP)		
⑤	2. interface X2 (DP)		
⑥	Power supply connection		

Kuva 1. Keskusyksikkö, CPU 315-2 DP [7]

3.3 Digitaalinen tulo- ja lähtöyksikkö

Digitaalituloyksikkö välittää logiikan keskusyksikölle on/ei-tiedot kaksitilaisilta eli binäärimuotoisilta antureilta ja kytkimiltä. Tyypillisiä kaksitila-antureita ovat mekaaniset, induktiiviset, kapasitiiviset sekä optiset kytkimet. [6, s. 107.]

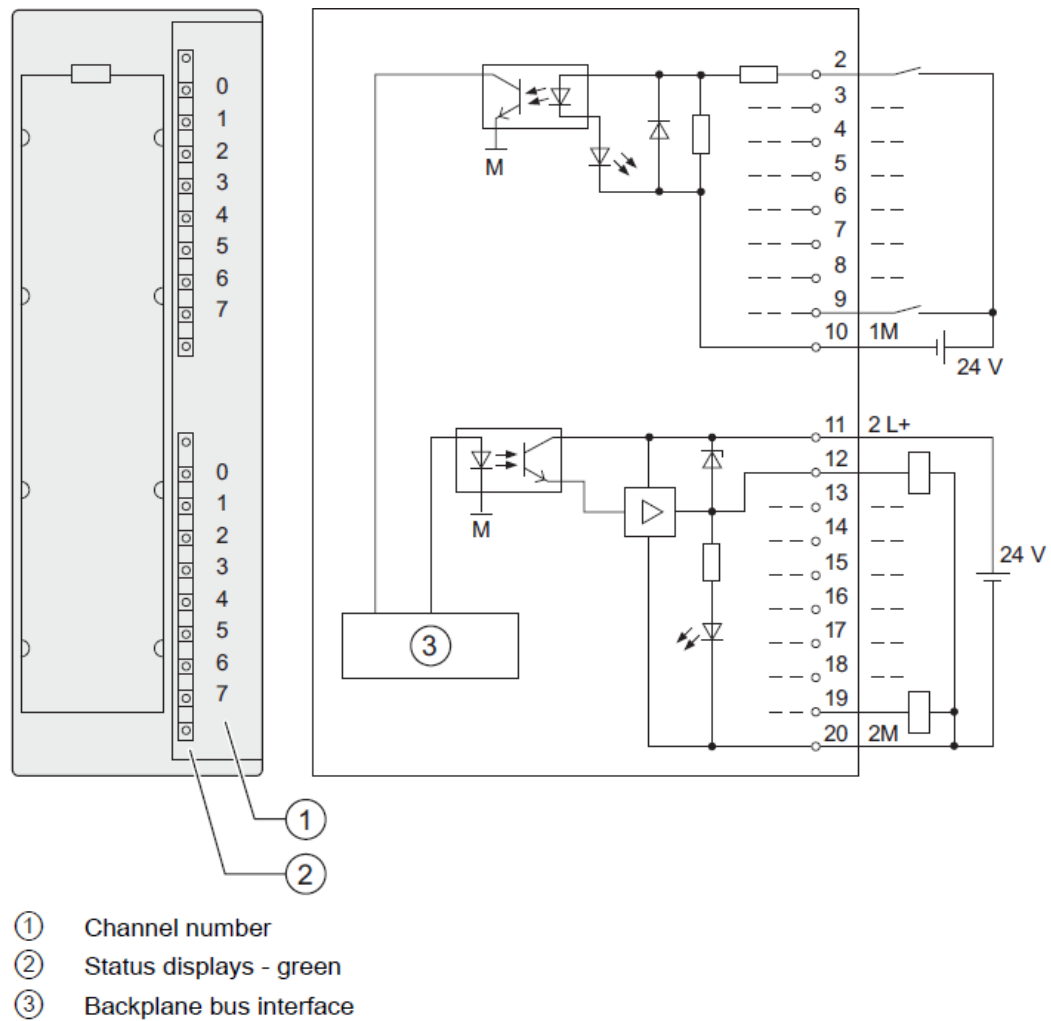
Viestin välitys tapahtuu yleensä optoerottimin virtapiikkien ja häiriöiden ehkäisemiseksi. Optoerotin toimii siten, että valodiodi lähettää valoa tuloviestin mukaisesti, minkä perusteella fototransistori ohjaa logiikan sisäistä piiriä. Vaihtoehtoisesti optoerotin tilalla voidaan käyttää myös muuntajia tai releitä. [6, s. 107.]

Digitaalilähtöyksikkö välittää toimilaitteille päälle/pois-ohjauskäskyjä sovellusohjelman mukaisesti. Yleisimmin käytetyt lähtötyypit ovat rele-, transistori- ja triakkilähdöt. Relelähtö kestää noin 5 A kuormitusvirran, ja se soveltuu sekä tasa- että vaihtovirran ohjaukseen. Toiminta perustuu mekaaniseen koskettimeen, jonka asento riippuu lähtöyksikön tilasta. Relelähdön heikkoutena on kuitenkin lyhyempi kestoikä, koska mekaaninen kosketin kestää yleensä vain valmistajan arvioiman määrän ohjauksia. [6, s. 108–109.]

Transistori- ja triakkilähdön toiminta perustuu digitaalituloyksikön tavoin optoerottimeen. Koska lähtöä ei ohjata mekaanisesti, on transistori- ja triakkilähdöllä selvästi relettä pidempi elinikä. Koska transistorilähdöllä voidaan ohjata vain 24 VDC:n tasavirtaa ja triakilla 230 VAC:n vaihtovirtaa eivätkä ne kestä korkeaa kuormitusvirtaa, tulee raskaiden kuormien ohjaus toteuttaa välireleen avulla. [6, s. 109.]

Digitaalilähtöön liitettäviä toimilaitteita ovat esimerkiksi merkkilamput, magneettiventtiilit, releet ja kontaktorit. Digitaalituloyksikön tavoin signaali on binäärimuotoista, eli digitaalilähtöyksikön avulla toimilaitteita voidaan ohjata vain joko päälle tai pois.

Yhdistetyn digitaalisen tulo- ja lähtöyksikön (6ES7323-0BH01-0AA0) johdotus- ja toimintakaavio on esitettyä kuvassa 2.



Kuva 2. Digitaalinen tulo- ja lähtöyksikkö toimintakaavioineen, SM323 [7]

3.4 Analoginen tulo- ja lähtöyksikkö

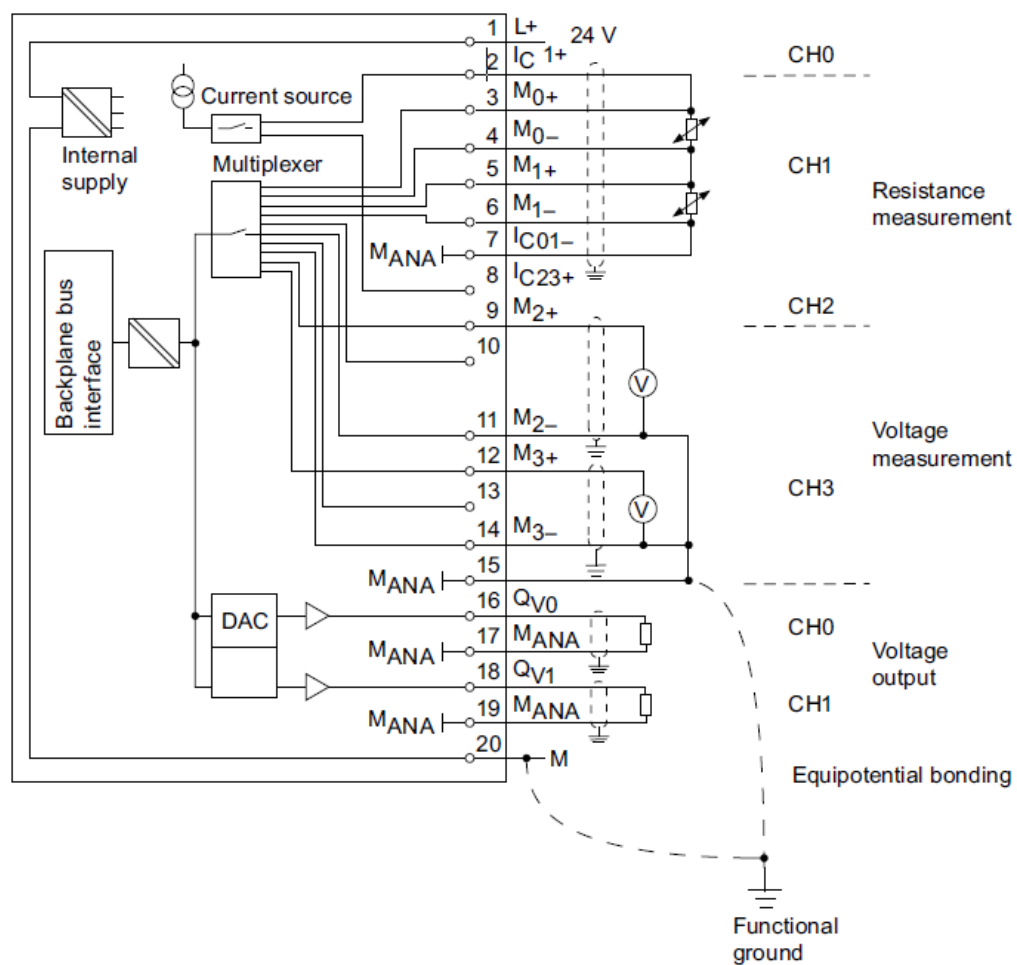
Analogiatuloyksikön kautta logiikan keskusyksikölle välitetään standardiviestit, jotka ovat 4...20 mA, 0...+5 V, 0...+10 V, -5...+5 V, -10...+10 V. Tyypillisiä antureita ovat paine-, lämpötila-, paikka-, nopeus-, kiihtyvyys- ja voima-anturit. [6, s. 110.]

Signaalin välitys anturilta logiikalle tapahtuu A/D-muuntimen avulla. Signaali muodostetaan muuntamalla esimerkiksi 4-20 mA:n virtaviesti 8–16 bitin sanaksi. Käytetyn bittimäärän suuruus vaikuttaa suoraan anturin erottelukykyy, jolloin suuremmalla bittimäärällä saavutetaan parempi erottelukyky. [6, s. 110.]

Analogilähtöyksikkö ohjaa sovellusohjelman mukaisesti toimilaitteita standardiviestein. Erilaisia kohteita voivat olla esimerkiksi taajuusmuuttajat, lämmittimet, venttiilit ja sylinterit. [2, s. 110.]

Signaalin välitys logiikalta anturille tapahtuu tuloyksikköön nähden päinvastoin D/A-muuntimella, jolloin biteistä muodostettu sana muunnetaan standardiviestiksi. Kuten tuloyksikössä, bittimäärän koko vaikuttaa ohjauksen erottelukykyyneen. [6, s. 110.]

Yhdistetyn analogisen tulo- ja lähtöyksikön (6ES7334-0KE00-0AB0) johdotus- ja toimintakaavio on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Analoginen tulo- ja lähtöyksikkö toimintakaavioineen, SM334 [7]

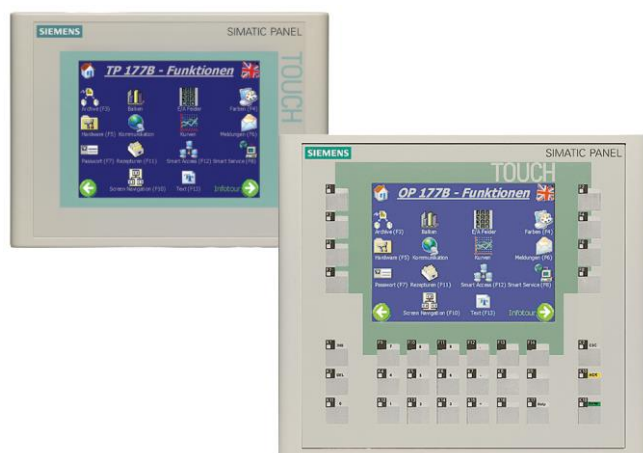
3.5 Operointipaneeli

Operointipaneeli on rajapinta (HMI, Human Machine Interface), jonka avulla voidaan toteuttaa ohjaus aina yksittäisestä laitteesta kokonaiselle linjastolle. Paneelin ohjaus voidaan toteuttaa joko erillisillä funktiopainikkeilla tai kosketusnäytöllä (kuva 4), jonka toiminta perustuu pääasiassa paineeseen tai sähköjohtokykyyn. [6, s. 133; 6; 8.]

Paineeseen perustuvaa näyttöä kutsutaan resistiiviseksi kosketusnäytöksi. Siinä on kaksi resistiivistä kalvoa, joissa kulkee jatkuva sähkövirta. Kalvojen koskettaessa toisiinsa syntyy sähköinen signaali, jonka perusteella kosketus havaitaan. Resistiivinen kosketusnäyttö on edullinen sekä pölyn- ja vedenkestävä, mutta se ei ole kovin tarkka. Lisäksi se kuluu kapasitiivista näyttöä nopeammin. [9.]

Sähköjohtokykyyn perustuvassa eli kapasitiivisessa kosketusnäytössä toiminta perustuu näytön pinnassa olevaan johtavaan kerrokseen. Kosketus havaitaan siten, että näytön kosketus aiheuttaa häiriöitä näytön sähkömagneettisessa kentässä. Kapasitiivinen kosketusnäyttö on resistiivistä näyttöä kirkkaampi ja tarkempi, mutta kalliimpi, eikä sitä voi käyttää käsineiden kanssa. Lisäksi näytössä käytetty lasi on muovikalvoa herkempi hajoamaan. [9.]

Kaikilla logiikkavalmistajilla on omat operointipaneelinsa, jotka ohjelmoidaan valmistajakohtaisilla ohjelmilla. Paneeleita on saatavilla sekä musta-valkoisina että värillisinä ja näyttöjä kooltaan aina 4...22 tuumaan asti. Operointipaneeli liitetään logiikkaan pääasiassa sarjaliikenneväylällä, mutta saatavilla on myös ethernet-liityntä. [6, s. 133; 8.]



Kuva 4. TP- ja OP 177B -ohjauspaneelit [10]

4 Kenttäväylä

Kenttäväylän toiminta perustuu digitaaliseen tiedonsiirtoon kaksisuuntaisessa ja sarjapäilyläisessä verkossa. Kenttäväylä siirtää tietoa erilaisia prosessisuureita mittaavilta antureilta toimilaitteiden ja automaatiojärjestelmän välillä. Keskitettyyn automaatiojärjestelmään verrattuna kenttäväylän avulla päästään eroon suurimmasta osasta kaapelointia, koska logiikalle tarvitsee tuoda pelkästään kenttäväyläkaapelit perinteisten rinnakkaiskaapelointien sijaan. Kenttäväylän avulla voidaan lisäksi luoda usean logiikan verkostoja, joiden osat pystyvät toimimaan itsenäisesti ilman yläpuolista ohjausta. [6, s. 126–127.]

4.1 Hajautettu I/O

Hajautetun I/O:n suurimpana etuna voidaan pitää mahdollisuutta tuoda I/O-kortit lähelle kenttälaitteita, jolloin tarvittavan kaapeloinnin määrä vähenee huomattavasti. Samalla I/O voidaan jakaa asemakohtaisesti. Hajautetun I/O:n etuna on, että koko järjestelmä ei lamaannu yhden ohjauslaitteen vikaantuessa. Tämän lisäksi I/O:n hajautus helpottaa vian paikantamista ja mahdollistaa järjestelmän myöhemmän laajentamisen. [6, s. 123–124.]

Hajautettu I/O toteutetaan hajautusasemalla (kuva 5), johon kuuluu yleensä tulo- ja lähtöyksiköt sekä logiikkaväylän liityntäyksikkö. Hajautusasemaan voi kuulua myös erillinen CPU paikallista tiedonkäsittelyä varten. [11.]



Kuva 5. ET 200S-hajautusasema virta-, digitaalitulo- ja -lähtömoduuleilla. [12]

4.2 Profibus-väylä

Profibus (Process Field Bus) on EN 50170 standardiin perustuva toimittajasta riippumaton avoin kenttäväyläprotokolla, jonka avulla eri valmistajien väylälaitteet voivat kommunikoida keskenään ilman erityisiä rajapintoihin tehtäviä muutoksia. Profibus-väylä soveltuu nopeaan aikakriittiseen tiedonsiirtoon sekä laajoihin monimutkaisiin kommunikaatiotehtäviin. [13, s. 7.]

Profibus-väylässä on isäntä-orja (master-slave) -hierarkia. Isäntälaitteet määrittävät väylällä kulkevan tiedonsiirron ja voivat lähettää viestejä ilman ulkoista pyyntöä. Vain yhdellä isäntälaitteella voi olla kerrallaan väyläkäyttövaltuus (the token). Orjalaitteilla ei ole väyläkäyttövaltuuksia, ja ne ainoastaan kuittaavat saapuneita viestejä tai lähettävät isäntälaitteelle viestejä tämän niitä pyydettyä. [13, s. 7.]

4.2.1 Profibus DP

Profibus DP (Decentralized Periphery) on suunniteltu erityisesti kommunikointiin automaatiojärjestelmän ja hajautetun laitetason välille. Profibus DP -väylällä voidaan korvata perinteiset jännite- tai virtaviesteillä toteutetut rinnakkaiskaapeloinnit. [13, s. 7.]

DP-protokollasta on kehitetty kolme eri versiota. DP-V0 sisältää protokollan perustoiminnot kuten konfiguraatio, synkroninen tiedonsiirto ja kanavadiagnoositoiminnot. DP-V1 sisältää asynkronisen tiedonsiirron, jonka ansiosta väylää voidaan parametroida ja konfiguroida sen ollessa toiminnassa. DP-V2 mahdollistaa myös orjalaitteiden välisen tiedonsiirron. [14, s. 11.]

Profibus DP -kenttäväylässä suositellaan käytettäväksi väylätopoligia (line topology). Yhteen väyläsegmenttiin voidaan kytkeä maksimissaan 32 laitetta, mutta vahvistimen kanssa maksimimäärä on 126. Jokaisen väyläsegmentin alku- ja loppupäässä on oltava aktiivinen 390 Ω :n päätevastus, joka estää signaalin takaisinheijastumisesta johtuvia häiriöitä. [14, s. 7–8.]

Profibus DP -väylän tiedonsiirtonopeus riippuu segmentin pituudesta taulukon 1 mukaisesti [14, s. 7].

Taulukko 1. Profibus DP -kenttäväylän siirtonopeudet ja maksimietäisyydet

Transmission Rate (KBit/s)	Range per Segment (m)
9.6; 19.2; 45.45; 93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000; 6000; 12000	100

4.2.2 Profibus PA

Profibus PA (Process Automation) on erityisesti mittausdatan käsittelyyn suunniteltu protokolla, joka määrittelee parametrit ja funktiot prosessinhallintalaitteille. Näitä laitteita ovat esimerkiksi toimilaitteet, mittarit ja lähettimet. [15, s. 16.]

Tiedonsiirtoon käytetty MBP (Manchester Bus Powered) -koodaus mahdollistaa syöttövirran siirtämisen väyläkaapelia pitkin, minkä vuoksi Profibus PA -väylä soveltuu käytettäväksi myös räjähdysvaarallisissa tiloissa. [15, s. 16.]

Profibus PA -väylään voidaan kytkeä vain slave-laitteita, minkä vuoksi se on aina kytkettävä Profibus DP -masterin alaisuuteen [15, s. 16]. Topologialtaan Profibus PA voi olla joko väylä (line), puu (tree) tai näiden yhdistelmä. DP:n tavoin yhteen väyläsegmenttiin voidaan kytkeä maksimissaan 32 ja vahvistimen kanssa 126 laitetta. Myös Profibus PA-väylässä on käytettävä päätevastuksia. [14, s. 8.]

MBP-koodauksesta johtuen tiedonsiirtonopeus on aina kiinteä 31.25 KBit/s ja segmentin maksimipituus 1 900 m [14, s. 10].

5 Logiikan ohjelmointi

Usein ennen logiikan ohjelmointia on tärkeää laatia toimintakaavio tai sanallinen toimintaselostus halutusta toiminnasta. Tämä helpottaa logiikkakaavioiden, relekaavioiden tai toimintadiagrammien suunnittelua, joiden mukaisesti varsinainen ohjelma kirjoitetaan. [6, s. 117.]

Logiikka ohjelmoidaan yleisimmin PC-pohjaisella ohjelmointiohjelmalla, joka on riippuvainen logiikkavalmistajasta. Sen avulla ohjelma on mahdollista tehdä logiikasta irrall-

laan (offline), ja siihen voidaan tehdä pieniä muutoksia myös kytkettynä (online), jolloin koko prosessia ei tarvitse pysäyttää. Muita yleisiä ominaisuuksia ovat mahdollisuus symbolisten ja kommentoitujen osoitteiden käyttöön, ristiviittauslista, eli lista käytetyistä, käyttämättömistä tai kommentoimattomista osoitteista sekä monipuoliset analysointityökalut, joilla ohjelman toiminnallisuuden voi varmistaa. [6, s. 117–119.]

Ohjelmointi tapahtuu IEC 61131-3-standardin määrittelemillä kielillä, joista yleisimmin käytettyjä ovat logiikkakaavio (FBD, Function Block Diagram), relekaavio (LD, Ladder Diagram) sekä käskylista (IL, Instruction List). Edellisten lisäksi muita IEC 61131-3-standardin määrittelemiä ohjelmointikieliä ovat askelkaavio-ohjaus (SFC, Sequential Function Chart) sekä strukturoitu teksti (ST, Structured Text). [6, s. 117.]

Nykyaikaisen logiikkaohjelman rakenne on pääasiassa modulaarinen, eli ohjelma koostuu useista tehtävien mukaan organisoiduista ohjelmayksiköistä eli aliohjelmista. Tyyppillisesti modulaarinen ohjelma koostuu pääohjelmasta sekä joukosta aliohjelmia, jotka voivat sisältää myös omia aliohjelmia. Tällöin koko ohjelman sijasta osa aliohjelmista voidaan suorittaa esimerkiksi vain tietyin aikavälein tai ehdoin. [6, s. 117.]

Ohjelmayksiköt koostuvat loogisista operaatioista (AND, NAND, OR, NOR jne.), ajastimista, laskureista, siirtorekistereistä sekä logiikkakohtaisista erikoistoiminnoista. Ohjelmayksiköissä käytetyt muuttujat voivat olla joko ulkoisia (global), jolloin niitä voidaan käyttää kaikissa ohjelmayksiköissä tai paikallisia (local), jotka ovat ohjelmayksikkökohtaisia. [6, s. 117.]

5.1 SIMATIC Step 7

SIMATIC Step 7 on Siemensin kehittämä ohjelmointityökalu SIMATIC-logiikoille. Siitä on saatavilla kaksi erilaista versiota, jotka poikkeavat toisistaan lähinnä valmiiksi sisällytettyjen ohjelmistopakettien suhteen. [16.]

Step 7 Basic on perusversio ohjelmasta, joka tukee ohjelmointia kolmella IEC-61131-3-standardin mukaisella kielellä. Nämä ovat logiikkakaavio (FBD), relekaavio (LAD) ja käskylista (STL). Perusversio soveltuu laajoihinkin automaatioprojekteihin, ja tarvittaessa sitä voidaan laajentaa halutuilla laajennuspaketeilla. [16.]

Step 7 Professional sisältää perusversion lisäksi simuloinnin (S7-PLCSIM), jonka avulla sovelluksen toimintaa voi testata jo ohjelmointikoneessa. Lisäksi siihen kuuluvat askelkaavio-ohjaus (S7-GRAPH) ja strukturoitu teksti (S7-SCL). [16.]

Varsinainen ohjelmointi tapahtuu SIMATIC Manager-ohjelmointiympäristöllä. Kaikki projektissa käytettävät järjestelmät, kuten logiikkaohjaimet ja operointipaneelit, integroidaan samaan projektirakenteeseen, jolloin kaikki niihin liittyvät sovellukset ja ohjelmat aukeavat SIMATIC Managerin kautta. [16.]

Ympäristöstä löytyvät työkalut laitteiston määrittämiseen, ohjelmointiin, hallintaan, logiikkakomponenttien ja väylärakenteen määrittämiseen, symbolilistojen käsittelyyn, testaamiseen sekä projektien varmentamiseen ja arkistointiin. [16.]

5.2 SIMATIC WinCC

SIMATIC WinCC on Siemensin kehittämä ohjelmisto HMI-rajapinnan luontiin pääasiassa Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden kanssa. Ohjelmistoa voidaan laajentaa monipuolisesti [17], ja siihen voidaan liittää kokonainen tehtaanlaajuinen tietokoneverkosto. Lisäksi WinCC antamaa tietoa voidaan tarkkailla myös kaikkien nykyaikaisten verkkoselainten kanssa. [18.]

Operointipaneelin näyttökuvakkeet ohjelmoidaan liityntämuuttujien eli tagien avulla, jotka vastaavat logiikan tiettyjä tuloja ja lähtöjä. Tagit voivat olla kooltaan 1 bitistä 64 bittiin. Koska WinCC-lisenssit hinnoitellaan tagien määrän perusteella, on järkevää pakata esimerkiksi yhden toimilohkon bittikohtaiset ohjaus- ja tilatiedot yhteen ohjaus- ja tilasanaan. [18.]

WinCC:hen voidaan tuoda käytettävät tagit, hälytystekstit, tag logging -listat ja tekstikirjastot Excel-muotoisina taulukkoina Siemensin tarjoamalla Configuration Tool -työkalulla. [18.]

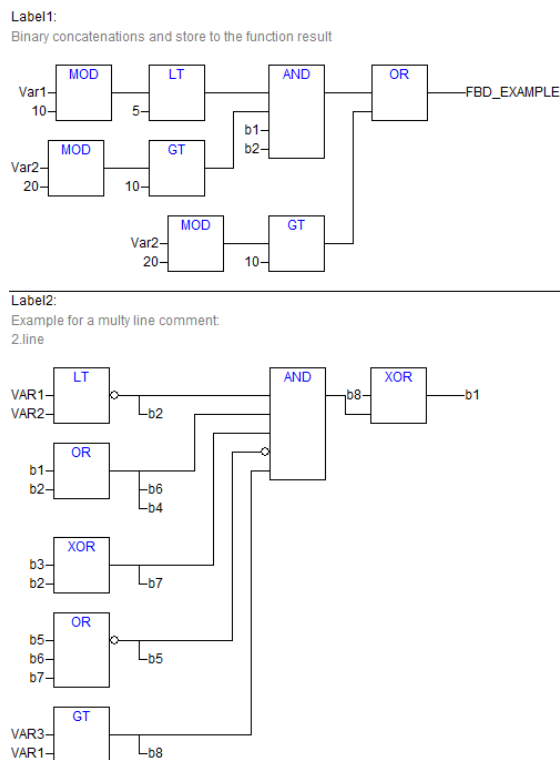
5.3 Ohjelmointikielet

5.3.1 Logiikkakaavio-ohjelmointi (FBD, Function Block Diagram)

Logiikkakaavio-ohjelmointi on tikapuukaavion kanssa yksi yleisimmistä logiikoiden ohjelmointikielistä. Ohjelmointi tapahtuu yhdistelemällä yksittäisiä operaatioita sisältäviä toimilohkoja toisiinsa sähkökaavioiden tapaan (kuva 6). [19, s. 2–3.]

Ohjelmaa luetaan vasemmalta oikealle siten, että ensimmäisenä vasemmalla sijaitsevat sisään tulomuuttujat, seuraavaksi operaatioita suorittavat lohkot ja viimeisenä oikealla ulostulomuuttujat. Edellä kuvattuja toiminnallisia kokonaisuuksia voi olla useita, jolloin niiden lukemisjärjestys on ylhäältä alaspäin. [19, s. 3.]

Selkeyden ja helppolukuisuuden vuoksi toimilohkokaavio soveltuu erittäin hyvin yksinkertaisten ohjelmien muodostamiseen, jotka koostuvat pääasiassa digitaalisista tuloista ja lähdöistä. Monimutkaisiin ohjelmiin FBD ei kuitenkaan ole suositeltavaa, koska se vaatii paljon ruututilaa. Lisäksi muutosten teko ohjelmaan jälkeenpäin on vaikeampaa kuin muilla ohjelmointikielillä. [19, s. 3.]



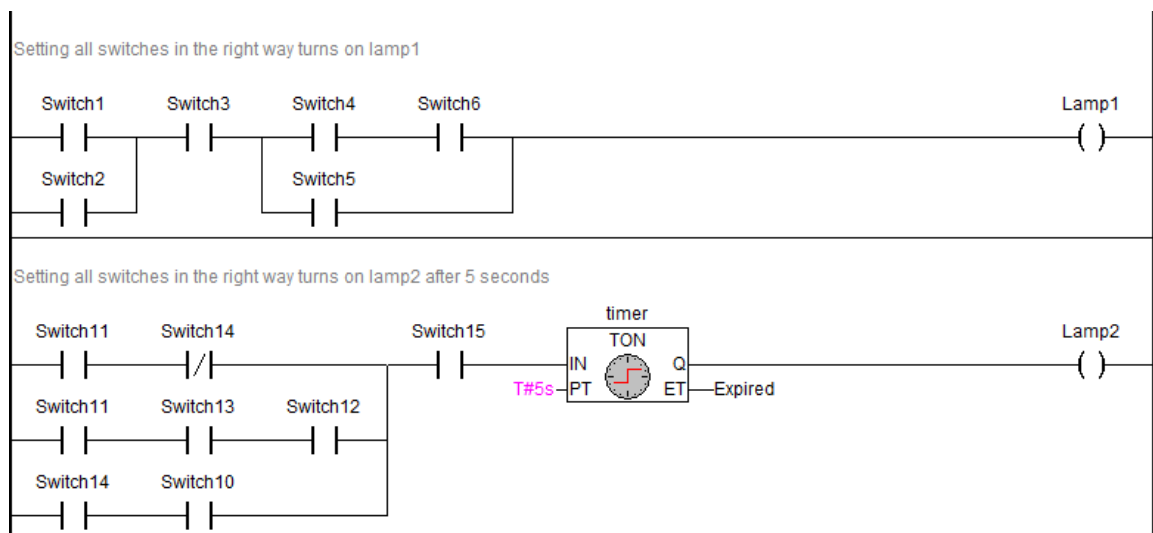
Kuva 6. Esimerkki FBD-muotoisesta ohjelmasta [20]

5.3.2 Relekaavio-ohjelmointi (LD, Ladder Diagram)

Releohjattujen järjestelmien korvaajaksi kehitetty tikapuukaavio-ohjelmointi muistuttaa läheisesti relekaaviota. Sen ansiosta myös henkilöt, joilla ei ole kokemusta ohjelmoinnista, pystyvät ymmärtämään tikapuukaaviolla laaditun ohjelman kulkua. [19, s. 2.]

Ohjelma muodostetaan merkitsemällä kaavion oikeaan reunaan lähtökoskettimet ja vasempaan reunaan kosketinkytkennät, joilla lähtöjä ohjataan. Ohjelmakokonaisuuksia voi olla useita, jolloin ohjelmaa luetaan ylhäältä alaspäin (kuva 7). [19, s. 2.]

Logiikkakaavio-ohjelmoinnin tavoin LD soveltuu erittäin hyvin yksinkertaisiin ja pieniin digitaalisista tuloista ja lähdöistä muodostuviin ohjelmiin. Monimutkaisempien toimintojen, kuten PID-säätimen ja tietojen analysoinnin, lisääminen on kuitenkin vaikeaa, ja ohjelman koon kasvaessa tikapuukaaviosta tulee vaikeasti luettava. [19, s. 2.]



Kuva 7. Esimerkki LD-mutoisesta ohjelmasta [20]

5.3.3 Käskylista (IL, Instruction List)

Käskylistamuotoinen ohjelmointi muistuttaa paljon Assembly-kieltä. Ohjelma muodostetaan peräkkäisistä, omilla riveillä olevista käskyistä (kuva 8). Ohjelman suoritusjärjestys on ylhäältä alas, mutta siitä voidaan poiketa hyppykäskyillä [21]. Käskyt ovat samankaltaisia eri logiikoissa, minkä vuoksi koodi on helposti siirrettävissä laitteistosta toiselle. [19, s. 4.]

Käskylista on tiivis, tekstipohjainen vähän muistia vievä ohjelmointikieli, joten se toimii logiikassa graafista ohjelmointikieltä nopeammin. Nykyaikaisissa logiikoissa muistin määrä on yleensä suuri, minkä vuoksi käskylista on luontevampi valinta vanhempiin logiikoihin, joissa muistin määrä on vähäisempi. Tekstipohjaisuudesta johtuen ohjelman kulkua ei myöskään ole yhtä helppoa hahmottaa kuin graafista vastaavaa. [19, s. 4.]

```
(* Calculate sinus of r1 and multiply with 1000 *)
LD    r1
SIN
MUL    1000
ST     sinus
(* Calculate cosinus of r1 and multiply with 1000 *)
LD    r1
COS
MUL    1000
ST     cosinus

(* increment r1 *)
LD    r1
ADD    0.1
ST     r1
```

Kuva 8. Esimerkki IL-muotoisesta ohjelmasta [20]

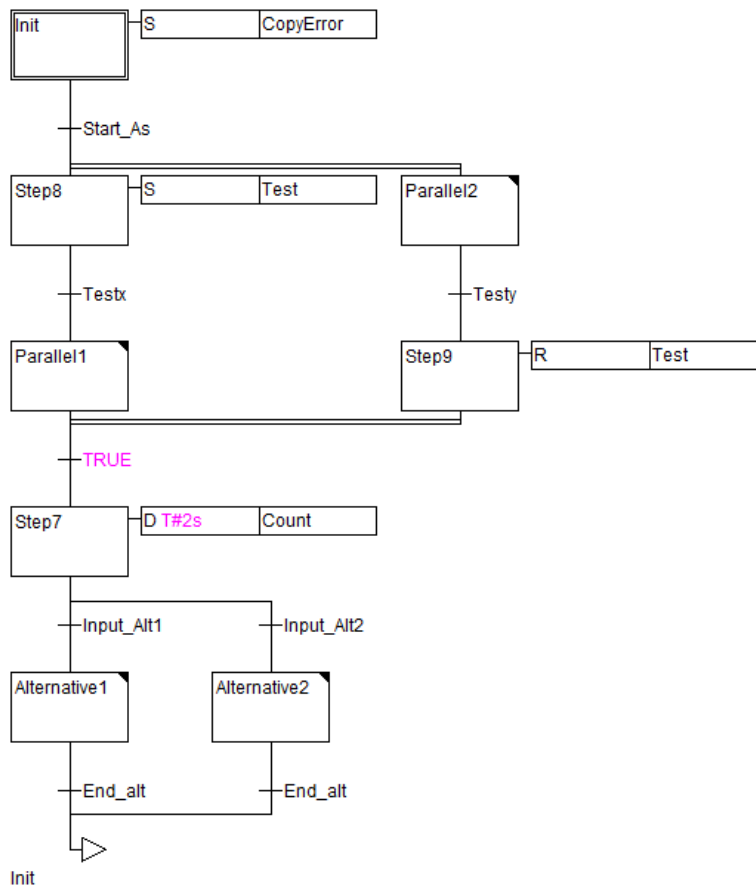
5.3.4 Askelkaavio-ohjausohjelmointi (SFC, Sequential Function Chart)

Askelkaavio-ohjaus muistuttaa tietokoneohjelmien vuokaavioiden piirtämistä. Ohjelmalla piirretään allekkain aliohjelmia sisältäviä askelmia, jotka yhdistetään toisiinsa siirtymäehdoilla (kuva 9). Askelmien ja siirtymäehtoien kieli voidaan valita vapaasti. [19, s. 3.]

Kussakin askelmassa oleva ohjelma on aktiivinen, kunnes siirtymävaihe aktivoituu ja vaaditut siirtymäehdot täyttyvät. Tällöin käynnissä oleva askel lopettaa ohjelman suorittamisen, ja seuraava askel aktivoituu. [19, s. 3.]

SFC-ohjelmointi sopii tilanteisiin, joissa prosessi sisältää toistuvia monivaiheisia toimintoja. Tällöin eri vaiheisiin liittyvät ohjelmat voidaan sijoittaa omiin askeliinsa, ja ohjelmoinnin myöhempi tarkastelu, esim. ohjelmointivirheen paikallistaminen, on helppoa. [19, s. 4.]

Muista ohjelmointikielistä poiketen SFC-muotoista ohjelmaa ei voida kääntää suoraan toiseksi ohjelmointikieleksi [19, s. 4.]



Kuva 9. Esimerkki SFC-mutoisesta ohjelmasta [20]

5.3.5 Strukturoitu teksti (ST, Structured Text)

Strukturoitu teksti muistuttaa hyvin paljon Pascalia tai C-kieltä [19, s. 5]. Ohjelmointi perustuu modernin ohjelmointikielen elementteihin, joita ovat valintausekkeet (IF-THEN-ELSEIF-END-IF) sekä silmukkarakenteet (FOR-NEXT-END_FOR, WHILE-END_WHILE ja REPEAT-UNTIL-END_REPEAT, EXIT) (kuva 10). [6, s. 123.]

Ohjelmoijalle kieli antaa enemmän vapauksia verrattuna muihin ohjelmointikieliin, jolloin monimutkaistenkin ohjelmien toteuttaminen on helpompaa. Ohjelmointiin perehtyneen henkilön on myös helpompaa ymmärtää ST-kieltä, koska se muistuttaa läheisesti muita korkean tason ohjelmointikieliä. Ohjelmointiin perehtymättömälle henkilölle ST-kieli on kuitenkin vierasta, eikä se tämän vuoksi sovellu kunnossapidon vianhakuun samalla tavoin kuin muut kielet. [19, s. 5–6.]

Tekstipohjaisuudestaan johtuen ST-koodi on graafisia kieliä kevyempää ja helpommin siirrettävissä logiikalta toiselle [19, s. 5].


```

run_string:='Start';
IF NOT run THEN
    RETURN;
END_IF;
run_string:='Stop';

rot := rot + offset;

IF (yVal < 0) THEN
    yVal := yVal + offset;
    bottom := yVal + offset;
ELSE
    IF(xVal < 470) THEN
        xVal := xVal+offset;
    END_IF
    IF (bottom > -250) THEN
        bottom := bottom -offset;
    END_IF
END_IF

i := 0;

IF xVal >= 470 THEN
    wait := wait +1;
    IF (wait >= 10 AND wait <= 20) THEN
        inv := FALSE;
        inv2 := TRUE;
    ELSE
        inv := TRUE;
        inv2 := FALSE;
    END_IF
    IF (wait > 20) THEN
        scale := scale - 50;
    END_IF
    IF (wait > 41) THEN
        wait := 0;
        xVal := 0;
        yVal := -250;
        scale := 1000;
    END_IF
END_IF

```

Kuva 10. Esimerkki ST-mutoisesta ohjelmasta [20]

6 Sähkömoottorin käynnistystavat

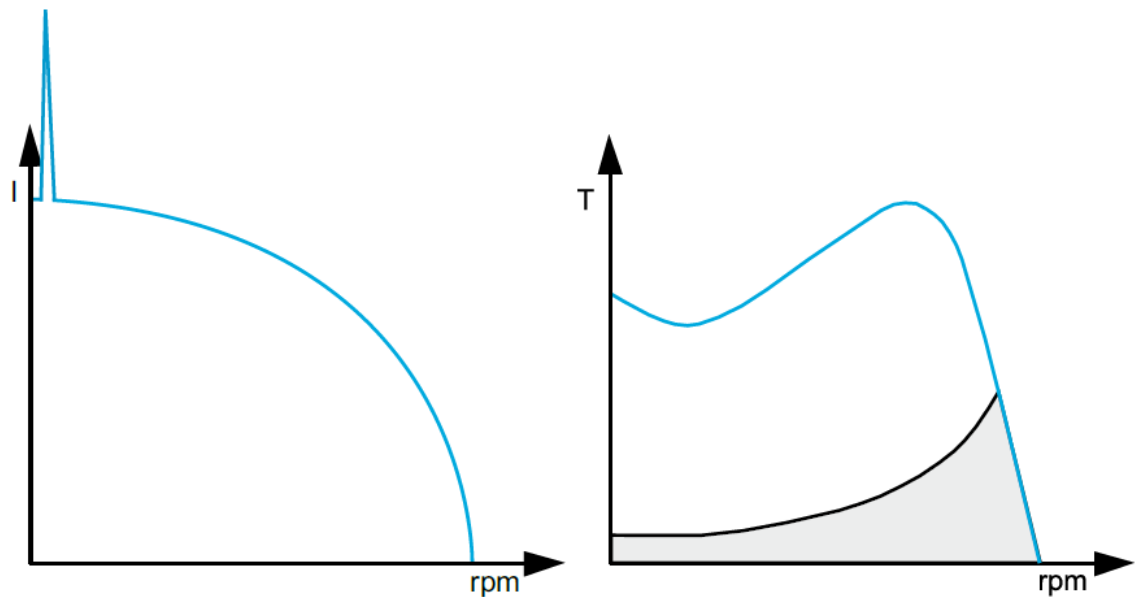
6.1 Suora käynnistys

Suora käynnistys (D.O.L., Direct On Line) on yleisin käynnistystapa, koska se on yksinkertaisin, halvin [22] ja pienikokoisin muihin käynnistystapoihin verrattuna. Käynnistyslaitteisto koostuu ainoastaan pääkontaktorista sekä lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. [23, s. 19.]

Tämän käynnistystavan haittana on suuri käynnistysvirta, joka on kuusi- kahdeksankertainen moottorin nimellisvirtaan nähden, mutta arvot voivat nousta jopa yli kymmenkertaisiksi. Lisäksi käynnistyksessä moottori voi ottaa jopa yli 20 kertaa nimellisvirran suuruisen käynnistysvirtapiikin. Lisäksi käynnistyksen aikana käynnistys-

momentti on erittäin suuri, mikä aiheuttaa tarpeettoman suurta raskautta käytettävälle laitteelle (kuva 11). [23, s. 19.]

Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat pienitehoiset, alle 10 kW:n laitteet, joissa käynnistysvirta ei aiheuta liiallista jännitteen alenemaa verkkoon. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi pienet pumput, kompressorit, puhaltimet ja kuljettimet. [22.]



Kuva 11. Suoran käynnistystyksen virta- ja vääntökäyrä nopeuden suhteen [23]

6.2 Tähti-kolmio-käynnistys

Suoran käynnistystyksen tavoin tähti-kolmio-käynnistin on yksinkertainen ja halpa käynnistystapa verrattuna muihin keinoihin pienentää käynnistysvirtaa. Suoraan käynnistykseen verrattuna käynnistysvirtapiikki on vain noin kaksinkertainen nimellisvirtaan nähden (kuva 12). [24.] Käynnistyslaitteisto koostuu tavallisesti pää-, tähti- ja kolmiokontaktorista, ylikuormitusreleestä ja ajastimesta [23, s. 20].

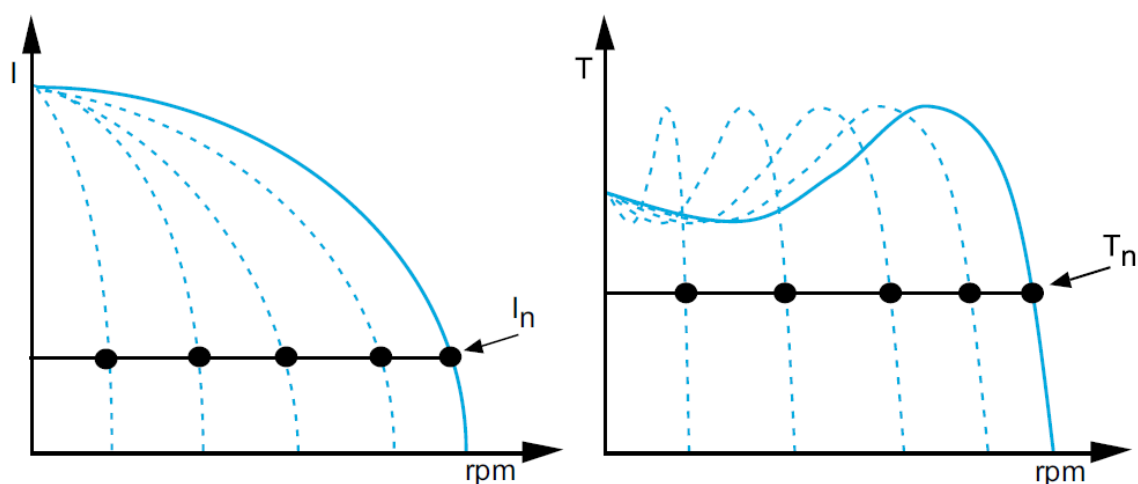
Tähti-kolmio-kytkennässä kiihdytyksen ensimmäisessä vaiheessa moottorin käämitykset ovat tähtikytkennässä, jolloin käämityksen jännite alenee $1/\sqrt{3}$ nimellisjännitteestä. Tällöin käämivirta alenee samassa suhteessa. Samalla kuitenkin myös käynnistysmomentti pienenee kolmasosaan (kuva 12). Ennalta määritetyn ajan jälkeen kytkentä muuttuu kolmiokytkennäksi, joka antaa täyden virran ja momentin. [23, s. 20.]

juutta voidaan säätää väliltä 0–250 Hz. Moottorin nopeutta säädetään muuttamalla tätä taajuutta. [23, s. 22.]

Käynnistuksen aikana taajuusmuuttaja nostaa taajuutta nolasta hertsistä verkon taajuuteen (50 tai 60 Hz). [23, s. 22.] Taajuutta ja jännitettä ohjataan samanaikaisesti, jolloin virta pysyy aina maksimiarvossaan nopeudesta riippumatta. Näin moottorista saatava momentti on aina suurimmillaan (kuva 13). [23.]

Taajuusmuuttaja soveltuu erityisesti sovelluksiin, joissa moottorin nopeutta täytyy säädellä jatkuvasti. Lisäksi taajuusmuuttajan avulla on mahdollista pysäyttää moottori pehmeästi, jolloin esimerkiksi paineiskut voidaan estää. Tästä on erityisesti hyötyä pumppujen pysäyttämisessä. [23, s. 22.]

Pelkkään moottorin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen ilman nopeuden säätämistä taajuusmuuttaja on tarpeettoman kallis, suurikokoinen ja painava esimerkiksi pehmo-käynnistimeen verrattuna. Lisäksi taajuusmuuttaja aiheuttaa verkkoon harmonisia yliaaltoja, koska se luo siniaallon ja vaihtaa taajuutta. Yliaaltoja voidaan vähentää lisäsuotimien ja suojattujen kaapeleiden avulla, mutta niitä ei tavallisesti saada poistettua kokonaan. [23, s. 22.]



Kuva 13. Taajuusmuuttajakäytön virta- ja vääntökäyrä nopeuden suhteen [23]

6.4 Pehmokäynnistin

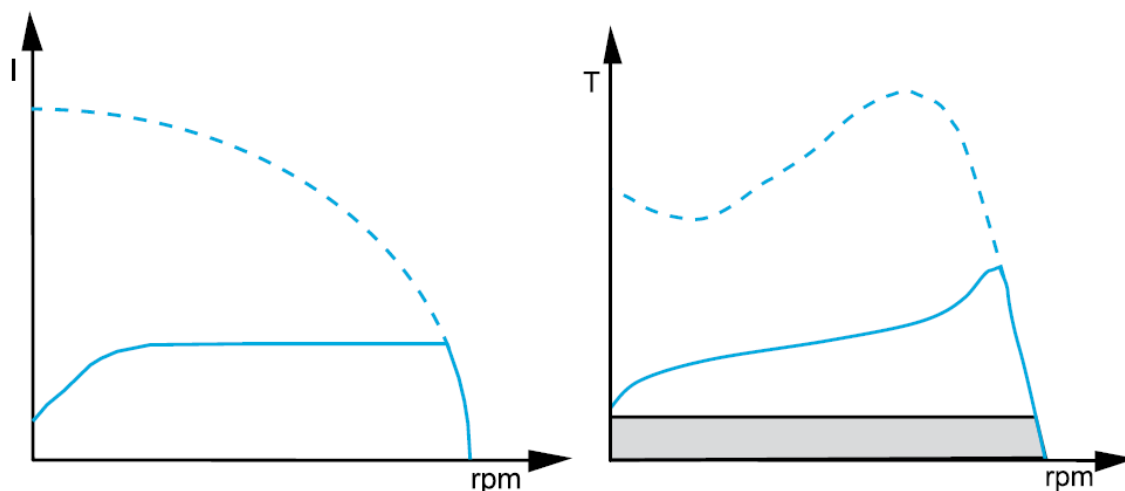
Taajuusmuuttajaan verrattuna pehmokäynnistin on edullisempi, pienikokoisempi ja helpompi asentaa. Lisäksi siihen kuuluu säädettävät virta- ja vääntörajat sekä kiihdytys- ja hidastusrampit, jolloin sillä voidaan useimmiten korvata taajuusmuuttajat yksinkertaisissa käynnistys- ja pysäytyssovelluksissa. [26.]

Toimintaperiaatteeltaan pehmokäynnistin poikkeaa merkittävästi taajuusmuuttajasta, koska taajuuden ja nopeuden muuttamisen sijaan moottorin käynnistys tapahtuu rampittamalla syöttöjännitettä. Käynnistyksessä esiintyvät nytkähdykset estetään syöttämällä moottorille vain sen suuruinen alkujännite, että vaihteiston rattaat tai vetohihnat kiristyvät. Tämän jälkeen kiihdytys tapahtuu nostamalla jännitettä, kunnes moottori käy täydellä nopeudella. [23, s. 24.]

Pehmokäynnistimen tärkeimmät pääosat ovat moottoriin syötettävää jännitettä säätelevät tyristorit, joita on kaksi jokaista vaihdetta kohden [23, s. 26], ja tyristoreita säätelevä piirilevykokoonpano (PCBA). Nykyaikaisiin pehmokäynnistimiin kuuluvat yleensä myös tyristorien ohituskoskettimet, joiden avulla tehohäviöt minimoidaan normaalikäytössä. Mallista riippuen pehmokäynnistimeen voi myös kuulua sisäinen elektroninen lämpörele, jolloin ulkoista lämpörelettä ei tarvita. [23, s. 24.]

Pehmokäynnistimen suurin etu on momentin säätömahdollisuus riippumatta moottorilla olevasta kuormasta. Myös jännitteen alenemat voidaan välttää maltillisen käynnistysvirran takia. Koska käynnistyksessä ei esiinny nytkähdyksiä, vähentää pehmokäynnistin myös laitteeseen kohdistuvaa mekaanista rasitusta (kuva 14). [23, s. 24.]

Pehmokäynnistin soveltuu lähes kaikkiin käyttötarkoituksiin paitsi kohteisiin, joissa moottorin nopeutta joudutaan säätämään toistuvasti, kuumiin tiloihin tai tilanteisiin, joissa on useita käynnistyksiä ja pysäytyksiä lyhyen ajan sisällä. [23, s. 39–41, 44; 26.]



Kuva 14. Pehmokäynnistimen virta- ja vääntökäyrä nopeuden suhteen [23]

7 Suunnittelu

Uuden ohjausjärjestelmän suunnittelu aloitettiin kartoittamalla kennopesukoneen toimintaperiaate sekä modernisoinnin mahdollistamat toivotut uudet ominaisuudet. Laitteesta ei ollut saatavilla kuin pelkästään vanhat sähkökuvat, joten toimintaperiaate jouduttiin selvittämään sähkökuvien avulla ja seuraamalla pesukoneen toimintaa tuotannon ollessa käynnissä.

Suunnittelu toteutettiin yhteistyössä Eisenmann Finland Oy:n työntekijöiden kanssa, koska pesukoneen huolto ja viankorjaus kuului heidän vastualueeseensa. Heiltä sai paljon tarpeellista tietoa koneen toiminnasta ja hyviä ideoita, joiden avulla sekä huolto että viankorjaus helpottuisivat vanhaan releohjattuun järjestelmään verrattuna.

Työn ensimmäinen vaihe oli suunnitella korvaava ohjausjärjestelmä, johon uudet ominaisuudet voitaisiin liittää helposti. Koska toimintaperiaatetta ei haluttu muuttaa, suunnittelun pääpainona oli vanhan ohjausjärjestelmän toiminnankuvauksen selvittäminen. Selvityksen jälkeen alkoi käytettävien sähkökomponenttien ja kytkentöjen suunnittelu sekä sähkökuvien piirtäminen. Työssä haluttiin käyttää jo varastossa olemassa olevia sähkökomponentteja, joten suunnittelussa keskityttiin erityisesti tutkimiaan varastosta löytyviä komponentteja sekä laatimaan lista puuttuvista komponenteista. Kennopesukoneen ohjelmisto suunniteltiin sen jälkeen, kun käytettävät komponentit oli valittu ja sähkökuvat olivat valmiit.

7.1 Toiminnan määrittely

Uusitun ohjausjärjestelmän suunnitelma pohjautui vanhan ohjausjärjestelmän toimintaan, mutta siihen tultaisiin liittämään kosketuspaneeli lisätietojen näyttämistä sekä käsiajtoa varten. Pesukonetta operoivat useat eri koneenkäyttäjät satunnaisesti, minkä vuoksi käyttökokemusta ei haluttu muuttaa integroimalla pesukoneen käynnistyksessä käytettäviä painonappeja operointipaneeliin.

Tärkein ominaisuus operointipaneelilla oli mahdollisuus saada lista aktiivisista hälytyksistä, koska vanhalla releohjatulla järjestelmällä tämä ei ollut mahdollista. Toiveissa oli myös saada eri hälytyksistä laskurit, joiden avulla mahdollisia rikkoutumisia olisi helpompi ennustaa ja jotka voitaisiin nollata huollon yhteydessä.

Automaattiajon lisäksi toiveissa oli mahdollisuus saada huoltoa varten ajettua kennokuljetinta käsiajolla eteenpäin ja saada näytölle käyttötunnit ja tilatiedot kaikista tuloista ja lähdöistä. Viankorjausta varten kennokuljetinta piti pystyä ajamaan myös hitaasti taaksepäin, koska kennot saattoivat jumittua koneen sisälle eikä vanhalla ohjausjärjestelmällä niitä pystynyt irrottamaan kuin pelkästään käsin.

Näytöllä oli tärkeää pystyä näyttämään myös pesuvesisäiliöiden lämpötilat, jotta kennojen pesulämpötilaa voitaisiin seurata helposti. Näin voitaisiin välttää turhilta hälytyksiltä toimimattomasta kennopesukoneesta, vain koska pesuveden lämpötila ei ole riittävän korkea.

7.2 Komponenttien valinta

7.2.1 PLC ja operointipaneeli

Ohjelmoitavan logiikan valinnassa keskityttiin kahteen eri vaihtoehtoon. Ohjauskeskus voitaisiin toteuttaa joko omalla PLC:llä, tai vaihtoehtoisesti voitaisiin käyttää etä-I/O:ta, jolloin PLC:nä toimisi kennopesulinjaston logiikka ja nämä yhdistettäisiin Profibus DP -kenttäväylän avulla toisiinsa. Tiukan aikataulun vuoksi suunnitelma etä-I/O:sta kuitenkin hylättiin tarpeettoman monimutkaisena, joten logiikaksi valittiin Siemens S7-300 -sarjan 315-2 DP -logiikka. Kyseiseen logiikkaan päädyttiin, koska Sinebrychoffilla oli käytössä ennestään paljon Siemensin logiikoita. Kunnossapidon ja varaston kannalta

oli siis luontevaa valita käytettäväksi logiikaksi jo varastosta ennestään löytyvä malli, jossa on valmiiksi liittimet Profibus DP -väylää varten. Ohjelmoitavaan logiikkaan liitettäväksi operointipaneeliksi valittiin myös kennopesulinjastossa käytetty 6” kokoinen Siemens Simatic TP 177B, jota käytetään pääasiassa tilatietojen näyttämiseen kennopesukoneen ohjauksen tapahtuessa perinteisillä painokytkimillä.

Mahdollisimman kattavan hälytyslistan vuoksi projektissa tarvittiin vähintään 49 input-liitäntää, jonka lisäksi ylimääräisiä tuloliitäntöjä oli hyvä olla vapaana mahdollisen laajennettavuuden varalta. Tämän vuoksi tuloliitäntöiksi valittiin kaksi kappaletta 32-kanavaisia digitaalisia tulokortteja. Suurten moottoreiden ohjaus oli toteutettu taajuusmuuttajilla Profibus DP -väylän avulla, jolloin output-liitäntöjä tarvittiin vain 12 kappaletta. Tämä pystyttiin toteuttamaan yhdellä 32-kanavaisella digitaalisella lähtökortilla. Näin järjestelmässä on ylimääräisiä output-liitäntöjä helpon laajennettavuuden takaamiseksi. Pesuvesisäiliöiden lämpötilan mittaus toteutettiin analogiseen tuloyksikköön liitetyn PT100-anturin kanssa, jolloin analogiakortiksi valittiin neljän tulokanavan sekä kahden lähtökanavan yhdistelmäkortti laajennettavuutta ajatellen.

7.2.2 Sähkökäytöt

Vanhassa ohjauskeskuksessa pienten (alle 1 kW) moottoreiden käynnistys oli toteutettu suoralla käynnistyksellä, pesupumput ja puhaltimet (7,5 kW) tähti-kolmio-käynnistyksellä sekä kennokuljetin taajuusmuuttajalla. Tuntemattoman syyn takia toinen pesupumpuista oli muutettu suorakäynnisteiseksi, mikä kasvattaa käynnistysvaiheessa esiintyvän virtapiikin jopa yli 20-kertaiseksi nimellisvirtaan nähden. [23, s. 19.] Käynnistysvirran tasaamiseksi pumput ja puhaltimet oli ajoitettu käynnistymään viiden sekunnin välein toisistaan.

Pesupumppujen ja puhaltimien uusiksi sähkökäyttöiksi harkittiin aluksi pehmokäynnistiä, mutta lopulta päädyttiin Vacon NXL 0016 5C2H1 -taajuusmuuttajiin, koska niitä oli jo ennestään ylimääräisenä varastossa. Muiden moottoreiden käynnistystavat pidettiin ennallaan, eli kaikki alle 1 kW:n moottorit käynnistetään suorakäynnistyksellä ja kennokuljetin taajuusmuuttajalla nopeuden säätömahdollisuuden tarpeen vuoksi.

7.2.3 Muut komponentit

Koska vanha ohjauskeskus toimi 24 voltin vaihtojännitteellä ja uusi 24 voltin tasajännitteellä, tarvittiin uusi virtalähde. Siemensin valmistama PS 307 5 A -virtalähde oli käyttötarkoitukseen nähden riittävä myös mahdollisia laajennuksia ajatellen. Se on myös yleinen Sinebrychoffin useissa muissa ohjauskeskuksissa. Hätä-seis-piiriä varten vanha yksikanavainen PNOZ X1 -turvarele vaihdettiin uuteen kaksikanavaiseen PNOZ X3 -turvareleeseen, jonka jännitteensyöttöä ei tarvitse katkaista turvapiirin lauetaessa.

Ohjausjännitteen muuttamisen vuoksi kaikkien jo asennettujen komponenttien vaatima ohjausjännite tuli tarkastaa. Tarkastuksessa selvisi, että kaikki vanhat magneettiventtiilit tulee korvata vastaavilla tasajännitteellä toimivilla malleilla. Tämä oli yksinkertaisinta toteuttaa vaihtamalla magneettiventtiilit saman valmistajan vastaavaan malliin. Näin komponentin fyysinen koko pysyy samana, eikä kiinnityksiä tarvitse muuttaa.

Sähkömoottoreiden yhteyteen ei ollut asennettu turvakytкимиä, minkä vuoksi moottoreiden välittömään läheisyyteen lisättiin omat turvakytkimet jokaiselle moottorille. Tämän seurauksena myös kaapelointi uusittiin, jolloin 7,5 kW:n moottoreiden 1,5 mm²:n kaapelit korvattiin 2,5 mm²:n kaapeleilla. Lisäksi vanhat lämpötila-anturit vaihdettiin PT100-antureihin, joihin liitettiin myös lähetin virtaviestiä varten.

7.3 Tekniset piirustukset

Kennopesukoneen olemassa olevat sähkökuvat olivat vuodelta 2001, ja kytkentään oli tehty muutoksia vuonna 2009. Sen takia oli tärkeää selvittää kytkennän nykyinen tila. Selvityksen yhteydessä havaittiin, että kentältä tulevia kaapeleita ei ollut merkitty ollenkaan, joten kytkentöjen tarkistuksen yhteydessä kaikki kentältä tulevat kaapelit merkittiin selkeästi tulevan ohjauskeskuksen vaihdon helpottamiseksi. Varsinaisissa kytkennöissä ei havaittu eroavaisuutta piirustuksiin.

Sähköpiirustukset toteutettiin Kydata Oy:n CADS Planner Electric -sovelluksella, koska se on ominaisuuksiltaan monipuolinen, sisältää kaikki tarvittavat symbolikirjastot ja kattavan tuotetietokannan erityisesti kaapeloinnin osalta.

Dokumentointi laadittiin muiden Sinebrychoffilla olevien laitteiden mukaisesti. Se sisälsi seuraavat dokumenttityypit:

- Piirustuslehtiluettelo
- Piirikaavio
- Layout-piirustukset
- Osaluettelo
- Kaapeliluettelo.

Piirustuslehtiluetteloa käytetään dokumentoinnin sisällysluettelona.

Piirikaavioiden piirtämisessä käytettiin mallina kennopesulinjaston sähkökuvia, joita muokkaamalla piirrettiin uudet sähkökuvat. Koska koko sähkökeskus tultaisiin uusiin kokonaan, ei vanhoista kytkennöistä jäänyt jäljelle kuin toimintaperiaate.

Suurimpana eroavaisuutena vanhan ja uuden ohjauskeskuksen välillä oli ohjausjännitteen muuttaminen 24 VAC:sta 24 VDC:hen. Lisäksi jokaiselle PLC-komponentille, opeointipaneelille ja turvareleelle lisättiin oma varoke. Vanhassa kytkennässä ainoa ohjauspiirin varoke oli muuntajalla, jolloin minkä tahansa ohjauspiirin komponentin hajotessa koko ohjauspiiri menisi virrattomaksi. Samalla myös päävirransyötön kontaktorit kahdennettiin, jolloin turvapiirin toiminta muuttuu varmemmaksi.

Vanha, releillä toteutettu ohjauspiiri, oli kytkennältään todella monimutkainen ja vaati paljon tilaa. Logiikan avulla suurimmasta osasta releillä ja ajastimilla toteutetuista kytkennöistä päästiin eroon. Logiikkakytkennässä jokainen ulkoinen komponentti kytetään riviliittimeen, josta kytkentä jatkuu suoraan joko logiikan tuloon tai lähtöön.

Layout-piirustus oli teknisten piirustusten viimeinen vaihe. Siinä esitetään ohjauskeskuksen sisäinen laiteasettelu modernisoinnin jälkeen tarkasti mittakaavassa. Kuvat piirrettiin sen jälkeen, kun kaikki järjestelmään valittavat komponentit tiedettiin. Rakenteelliset mitat kaikille komponenteille saatiin valmistajan internetsivuilla julkaisemista teknisistä tiedoista. Koska uudet taajuusmuuttajat vaativat paljon tilaa, vaihdettiin ohjauskeskus Rittalin 1200 x 2000 mm:n kokoiseen ohjauskeskukseen. Se oli pienin mahdollinen keskus, johon kaikki tarvittavat komponentit mahtuisivat.

Osaluettelossa on listattu kaikki järjestelmässä käytetyt komponentit. Se sisältää tiedot komponenttien valmistajasta, tyypistä ja määrästä. Kaikki uudet komponentit on pyritty valitsemaan siten, että niitä käytetään myös muissa laitteissa.

Kaapeliluettelossa on listattu kaikki ohjauskeskuksen ulkoiset kaapelit. Se sisältää tiedot kaapelinumerosta, tyypistä, tiedot mistä kaapeli alkaa ja mihin se päättyy sekä millä sivulla kyseinen kaapeli esiintyy.

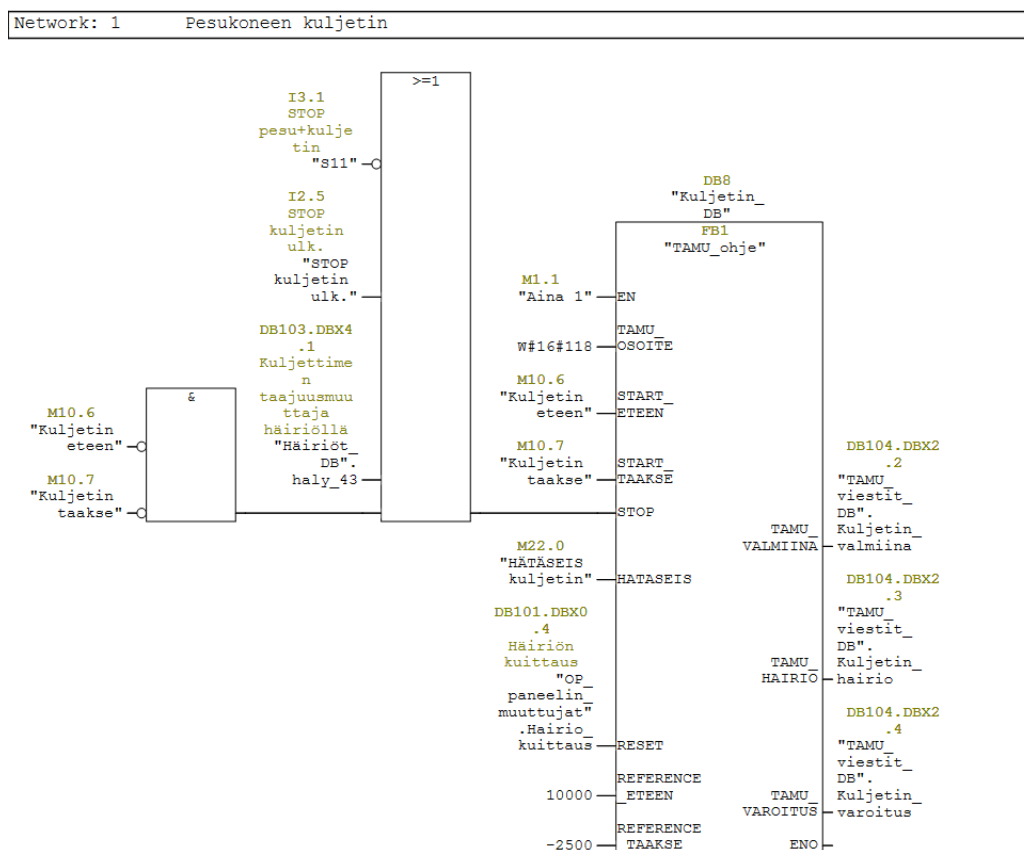
7.4 Ohjelman suunnittelu

PLC ohjelmoitiin Simatic STEP7 Professional -ohjelmistolla. Ohjelmointikieleksi valittiin FBD (Function Block Diagram), koska se oli tutuin valittavissa olevista kielistä. Ohjelman laajuuden vuoksi se toteutettiin useasta eri aliohjelmasta, jotka noudattavat selkeää jaottelua. Aluksi ohjelmoitiin eri toimilaitteiden ohjaus pumpuista merkkivaloihin. Sen jälkeen toteutettiin pesuvesisäiliöiden lämpötilan skaalaus. Helpoimpien osuukien jälkeen oli vuorossa ohjelman vaikein osio, eli Profibus-viestin muodostaminen, minkä yhteydessä luotiin apubitit sekä käyttötuntilaskuri. Lopuksi ohjelmoitiin Profibus-viestin siirto pumpuille, puhaltimille ja kuljettimille sekä turvapiiri. Logiikkaohjelma jaoteltiin toimintojen perusteella seuraaviin aliohjelmiin:

- FB1: Taajuusmuuttajan Profibus-viestin luku- ja muodostamislohko
- FC0: Apubitit
- FC1: Turvapiirin käsittely
- FC2: Analogiaviestien muunnokset ja skaalaukset
- FC10: Hätä-seis-muistipaikat laitteille
- FC11: Pesukoneen yhteiset toiminnot toimilaitteille
- FC12: Pumppujen ohjaukset
- FC13: Puhaltimien ohjaukset
- FC14: Muiden moottoreiden ohjaukset
- FC15: Venttiileiden ohjaukset
- FC16: Merkkivalojen ohjaukset
- FC20: Profibus-viestin siirto pumpuille
- FC21: Profibus-viestin siirto puhaltimille
- FC22: Profibus-viestin siirto kuljettimelle

- FC100: Pesukoneen käyttötuntien laskenta.

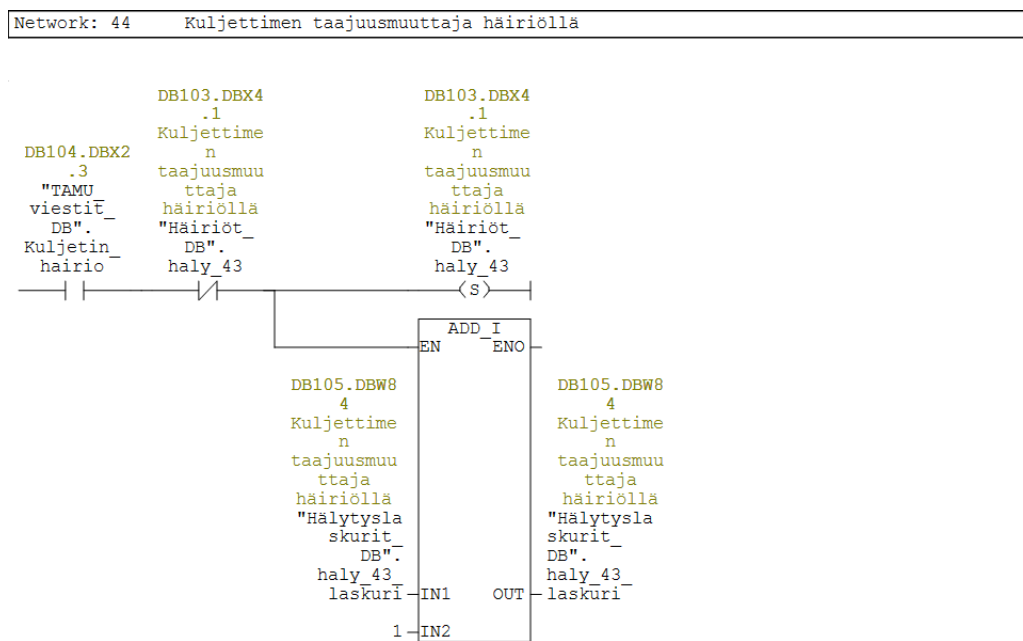
Yleisenä aliohjelmana Profibus-viesteille toimi FB1, jota kutsumalla taajuusmuuttajille voitiin sekä lähettää että vastaanottaa viestejä. Ohjelmassa hyödynnettiin logiikan sisäisiä SFC14- (DP viestin luku) ja SFC15 (DP viestin kirjoitus) -apufunktioita. Tämä oli ohjelman ongelmallisin osa, koska mistään lähellekään vastaavasta ei ollut minkäänlaista aikaisempaa kokemusta eikä ohjeita olemassa. Lopulta usean päivän yrittämisen jälkeen ratkaisu löytyi Eisemann Finlandin automaatioinsinöörin Olli Tahvanaisen avustuksella. Samassa yhteydessä oli myös tarpeen luoda funktiot apubiteille, joita olivat pysyvä 0- ja 1-tila, sekä useita eripituisia pulsseja erilaisiin käyttötarpeisiin. Apubitit luotiin, koska useissa kohdissa ohjelmaa oli tarvetta pysyville 0- tai 1-tiloille, eikä niitä tällöin tarvitsisi aina luoda uudelleen. Kuvassa 15 on esitetty kennokuljettimen Profibus-viestejä ohjaava aliohjelma.



Kuva 15. Esimerkki Profibus-viestin siirrosta taajuusmuuttajalle. Viestin siirto tapahtuu itse luotua FB1-aliohjelmaa hyödyntäen.

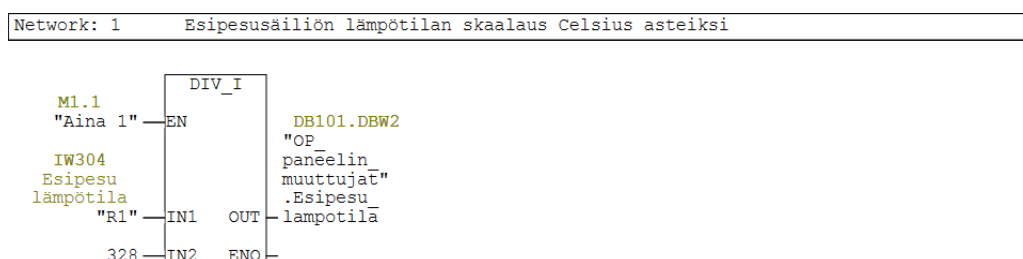
Turvapiirin käsittely toteutettiin erillisten datablokkien avustuksella. Datablokit toimivat muistina hälytyksille. Häiriöin aktivoituessa tilatieto tallennetaan omaan datablokkiinsa,

minkä lisäksi laskuri samassa yhteydessä kasvattaa kyseisen häiriön määrää yhdellä. Häiriöin tilatieto pysyy jatkuvasti päällä myös häiriön poistuttua, kunnes se erikseen ylikirjoitetaan 0-tilaan kuittauspainikkeen avulla. Tämä ei kuitenkaan nollaa laskureita, vaan ne voidaan nollata vain erillisen operointipaneelissa olevan nollauspainikkeen avulla. Esimerkki häiriöpiiristä on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Esimerkki häiriön käsittelypiiristä ja kokonaismäärälaskurista.

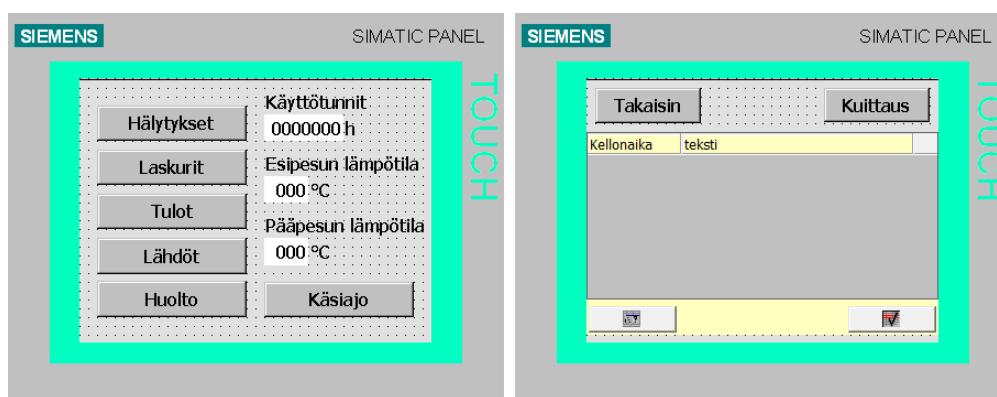
Koska pesuvesisäiliöiden analogiaviestit olivat 16-bittisessä muodossa, jouduttiin ne skaalaamaan (kuva 17) operointipaneelia varten celsiusasteiksi ymmärrettävämpään muotoon. Varsinainen pesukoneen ohjaus toteutettiin funktioissa FC10...16. Aliohjelmien lyhentämiseksi hätä-seis-piirin käsittely, pesupumppujen, puhaltimien, muiden moottoreiden, magneettiventtiileiden sekä merkkivalojen ohjaus toteutettiin omissa aliohjelmissaan. Samoin toimittiin siirrettäessä Profibus-viestiä pumpuille, puhaltimille ja kuljettimelle, jolloin ohjelman rakenne pysyi pienenä ja selkeästi jaoteltuna.



Kuva 17. Analogiaviestien skaalaus celsiusasteiksi.

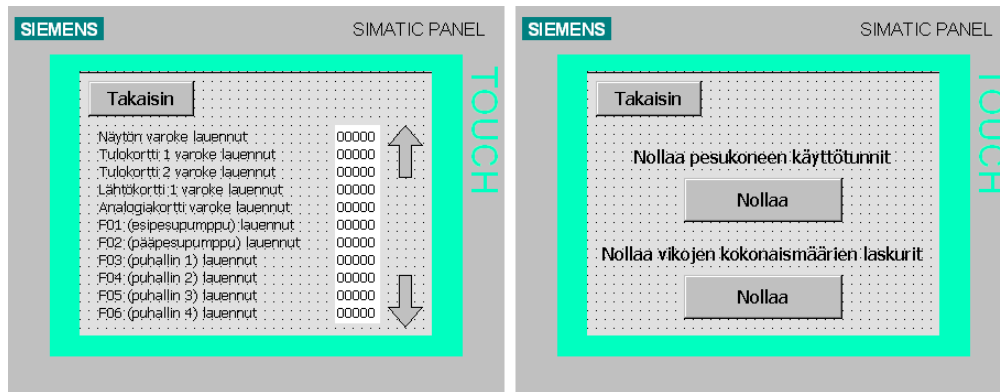
7.5 Käyttöliittymän suunnittelu

Operointipaneeli ohjelmoitiin Simatic WinCC Flexible 2008 -ohjelmistolla. Vähäisen ruututilan ja helppokäyttöisyyden vuoksi eri toiminnot jaettiin usealle eri ruudulle, ja etusivusta (kuva 18 vasen puoli) luotiin päävalikko eri toiminnoille. Navigointipainikkeiden lisäksi etusivulle lisättiin tiedot pesusäiliöiden lämpötiloista ja käyttötuntilaskuri seurattavuuden helpottamiseksi. Hälytykset esitetään erillisellä hälytykset-sivulla (kuva 18 oikea puoli), jossa kaikki kuittaamattomat hälytykset ovat aikajärjestyksessä. Hälytykset voidaan kuitata erillisellä kuittauspainikkeella, minkä jälkeen vain aktiiviset häiriöt jäävät listalle.



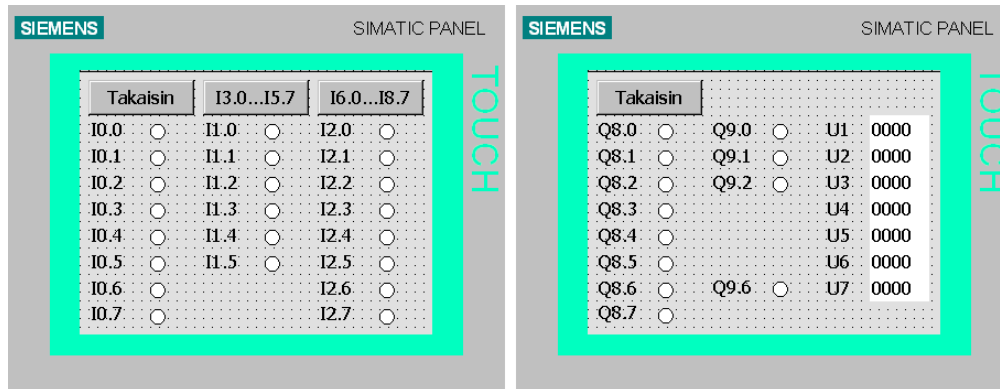
Kuva 18. Operointipaneelin päävalikko sekä hälytyssivu.

Häiriöiden kokonaismäärää voidaan seurata erillisellä laskurit-sivulla (kuva 19 vasen puoli), jossa näkyy jokaisen häiriön esiintymismäärä. Rajallisen ruututilan vuoksi häiriöt esitetään neljällä sivulla. Sivuja voidaan selata erillisten nuolipainikkeiden avulla. Laskurit voidaan nollata erillisen painikkeen avulla. Painike löytyy huoltoruudusta (kuva 19 oikea puoli). Huoltoruutu on suojattu salasanalla, jolloin vain valtuutetut henkilöt voivat nollata laskurit.



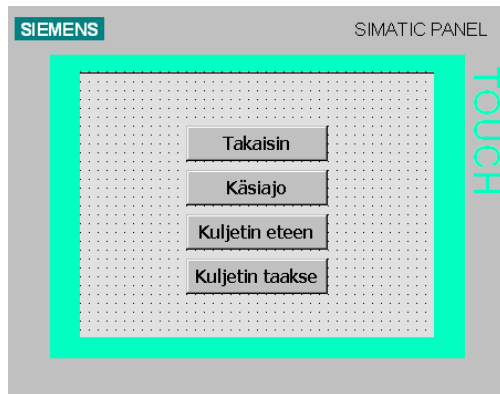
Kuva 19. Operointipaneelin häiriölaskuri- ja huoltosivu.

Tulojen ja lähtöjen tilaa voidaan seurata erillisten tulot ja lähdöt -sivujen (kuva 20) kautta. Esitysteknisistä syistä johtuen tulot on jaettu kolmelle sivulle järjestyksessä ja ruudulla esitetään vain kytketyt tulo- ja lähtöosoitteet. Tulojen ja lähtöjen tilaa ilmaiseva ympyrä muuttuu vihreäksi osoitteen ollessa aktiivinen ja punaiseksi osoitteen ollessa pois päältä. Lisäksi lähtösivulla esitetään jokaisen taajuusmuuttajan Profibus-viesti heksadesimaalimuodossa, jolloin 047F tarkoittaa käy-tilaa, 047E hätäpysäytystä sekä 047D normaalia pysäytystä.



Kuva 20. Operointipaneelin tulojen ja lähtöjen seurantasivut.

Kennokuljettimen käsiajo tapahtuu erillisen käsiajosivun (kuva 21) kautta. Käsiajo voidaan aktivoida vain koneen ollessa seis-tilassa ja käynnistää vain, kun käsiajoa ei ole aktivoitu. Käsien ajettaessa kuljetinta voidaan ajaa eteenpäin täydellä nopeudella ja taaksepäin neljäsosanopeudella.



Kuva 21. Operointipaneelin käsiäjosivu.

8 Toteutus ja käyttöönotto

Sähkökuvien piirtämisen yhteydessä tuli tietoon, että ohjauskeskuksen vaihto edellyttää erilaisia lupia sähkötöiden aloittamiseksi. Lupa-anomusten sekä aikataulun vuoksi suunnitelma ohjauskeskuksen vaihtamisesta hylättiin. Uudeksi suunnitelmaksi sovittiin pelkkien sähkökuvien laatiminen siten, että urakoitsija pystyisi kuvien avulla suorittamaan vaihdon. Lisäksi logiikkaohjelma ja operointipaneeli ohjelmoitaisiin valmiiksi, jolloin asennuksen yhteydessä ohjelmat vain ladattaisiin sisään ja ohjauskeskus olisi toimintavalmis.

Ohjelman toiminta testattiin Siemensistä löytyvän simulointityökalun avulla. Lukuisten eri vaihtoehtojen testaamisen jälkeen ohjelma todettiin toimivaksi. Toimintaa ei kuitenkaan ehditty testata taajuusmuuttajan avulla, joten Profibus-viestin siirtoa ei pystytty luotettavasti tarkistamaan. Simulointityökalun mukaan viestin pitäisi kuitenkin siirtyä ongelmitta.

Koska operointipaneelin ohjelmointiin oli aikaa vain yksi viikko eikä WinCC:n käyttämisestä ollut aiempaa kokemusta, ei hälytyssivua ehditty testaamaan tarpeeksi. Simuloinnissa hälytykset toimivat oikein, mutta tuntemattomasta syystä johtuen ja aikataulun loppuessa ei ehditty selvittämään, miksi hälytykset eivät ilmestyneet hälytyslistalle.

9 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli uudistaa kennopesukoneen ohjausjärjestelmä nykyaikaiseksi sekä laatia tarvittavat tekniset dokumentit, logiikkaohjelma ja käyttöliittymä ope-
rintipaneelille. Laite oli minulle jo entuudestaan tuttu neljän vuoden ajalta, minkä
vuoksi varsinaiseen toiminnan kartoitukseen ei kulunut kauaa ja suunnittelu voitiin aloit-
taa ajoissa. Työ oli tarkoitus myös asentaa suunnitelmien valmistuttua, mutta työn ede-
tessä suunnitelma asennuksesta hylättiin ja vapautunut aika käytettiin ohjelmointiin.

Sähkökuvien suunnittelu tuntui aluksi vaikealta, koska vanhat sähkökuvat olivat vain
pdf-muodossa eivätkä siksi olleet muokattavissa. Lisäksi kuvia varten aluksi ehdotettu
ilmaisojelma Dassault Systemes DraftSight osoittautui tehtävän kannalta liian karsi-
tuksi muun muassa puutteellisen piirrosmerkkikirjaston vuoksi, jolloin kaikki käytetyt
merkit olisi joutunut piirtämään itse. Lopulta muistin Kyndata Oy:n CADS Plannerin
opiskelijalisenssin. Ohjelman vaihdon ja lyhyen kertauksen jälkeen opin käyttämään
kaikkia tarvittavia ominaisuuksia ja piirtäminen alkoi edistyä. Koska uusien sähkökuvien
pohjana käytettiin kennopesulinjaston sähkökuvia, ei sivujen järjestykseen tarvinnut
keskittyä. Olemassa olevat kuvat piti vain muokata sopiviksi.

Ohjelmoinnin aikana vaikeimmaksi asiaksi osoittautui Profibus-viestin muodostaminen.
Asia ei selvinnyt minulle edes muiden laitteiden ohjelmia tutkimalla, jolloin jouduin ky-
symään apua automaatioinsinööri Olli Tahvanaiselta. Hänen neuvoillaan koko logiikka-
ohjelma luotiin käytännössä kokonaan uudelleen useiden puutteellisuuksien vuoksi.
Lopulta viesti saatiin muodostettua ja simuloimalla testattua toimivaksi.

Operointipaneelin ohjelmointi aiheutti suurimman huolen koko työssä, koska määräai-
kaa työn valmistumiseen oli vain viikko, enkä ollut koskaan aikaisemmin edes käyttänyt
WinCC:tä. Niinkin yksinkertainen asia kuin painonapin luonti oli aivan vierasta. Saatua-
ni pikakoulutuksen ohjelman käyttöön suurin osa ruuduista valmistuikin nopeasti ilman
suurempia ongelmia. Hälytysikkuna osoittautui kuitenkin vaikeimmaksi. Koska ylimää-
räistä aikaa sen selvittämiseen ei ollut, tein kaikki muut ruudut valmiiksi, ja viimeisenä
päivänä yritin saada hälytysruutua toimimaan. En kuitenkaan tässä onnistunut, minkä
vuoksi hälytykset kyllä toimivat, mutta ne eivät näy ruudulla.

Työssä kiinnostavinta oli mahdollisuus saada suunnitella kokonaan uusi ohjausjärjes-
telmä olemassa olevalle laitteelle sekä ohjelmoida sille olemassa olevaa toimintaperi-

aatetta noudattava logiikkaohjelma. Lisäksi koin operointipaneelin ohjelmoinnin erittäin kiinnostavana, vaikka aikaa siihen olikin todella vähän.

Työn kannalta opettavimpia asioita olivat sähkökuvien piirtäminen CADS Plannerilla, jonka käyttö on nyt paljon helpompaa kuin koulussa tehdyn lyhyen harjoitustyön jälkeen, sekä oikeaoppisen logiikkaohjelman laatiminen kaikkine vaadittuine kommentointineen ja aliohjelmineen. Lisäksi Siemensin datablokit ja niiden käyttötarkoitukset ovat nyt selvästi tutumpia kuin ennen työn aloittamista.

Insinööritöiden tuloksena saatiin Eisenmann Finlandin käyttöön valmiit tekniset dokumentit uudesta ohjauskeskuksesta mahdollista asennusta varten, sekä toimivaksi testattu logiikkaohjelma ja käyttöliittymä operointipaneelille, jolloin ne voidaan vain ladata laitteille ja uusittu ohjauskeskus olisi käyttövalmis. Tekniset dokumentit kattoivat 25 sivua piirikaavioita, keskuslayoutin ulkoa ja sisältä sekä listat kaikista tarvittavista komponenteista ja kaapeleista. Lisäksi kennopesulinjaston sähkökuvat päivitettiin vastaamaan uutta järjestelmää. Työ onnistui mielestäni hyvin, vaikka ohjauskeskus joudutaan vaihtamaan tämän suunnitelman perusteella huomattavasti suurempaan malliin. Pehmo-käynnistimiä käyttämällä olisi voinut päätyä puolet pienempään keskukseen.

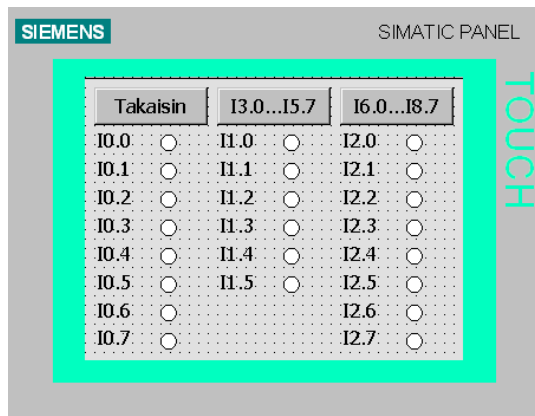
Lähteet

- 1 Yhtiö. Verkkodokumentti. Oy Sinebrychoff Ab,
<<http://www.sinebrychoff.fi/yhtio/Pages/default.aspx>>. Luettu 15.3.2016.
- 2 Lukumme. Verkkodokumentti. Oy Sinebrychoff Ab.
<<http://www.sinebrychoff.fi/yhtio/luvut/Pages/Sinebrychofflukuina.aspx>>. Luettu 15.3.2016.
- 3 195 tarinaa Sinebrychoffista. Verkkodokumentti. Sinebrychoffin asiakaslehti.
<<http://eniki.fi/195-tarinaa-sinebrychoffista/>>. Luettu 15.3.2016.
- 4 Osa Carlsberg-konsernia. Verkkodokumentti. Oy Sinebrychoff Ab.
<<http://www.sinebrychoff.fi/yhtio/carlsberg/Pages/OsaCarlsberg-konsernia.aspx>>. Luettu 15.3.2016.
- 5 Core Competencies. Verkkodokumentti. Eisenmann.
<<http://www.eisenmann.com/en/about-EISENMANN/at-a-glance/core-competencies.html>> Luettu 20.3.2016.
- 6 Fonselius, Jaakko. 1999. Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita.
- 7 S7-300 Module data. Verkkodokumentti. Siemens.
<https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55794/v1/s7300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf>. Luettu 11.4.2016.
- 8 Operointipaneelit. Verkkodokumentti. Siemens.
<http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/operointipaneelit.php>. Luettu 7.2.2016.
- 9 Resistive vs Capacitive Touchscreen. 2012. Verkkodokumentti. Tech Explainer.
<<https://techexplainer.wordpress.com/2012/04/02/resistive-vs-capacitive-touchscreen/>>. Luettu 7.2.2016.
- 10 6AV6642-0BA01-1AX1. Verkkodokumentti. Siemens.
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/Product/6AV6642-0BA01-1AX1>>. Luettu 11.4.2016.
- 11 Hajautettu I/O (ET200). Verkkodokumentti. Siemens.
<http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/hajautettu_io_et200.php>. Luettu 4.2.2016.
- 12 6ES7151-1AA05-0AB0. Verkkodokumentti. Siemens.
<<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/Product/6ES7151-1AA05-0AB0>>. Luettu 11.4.2016.

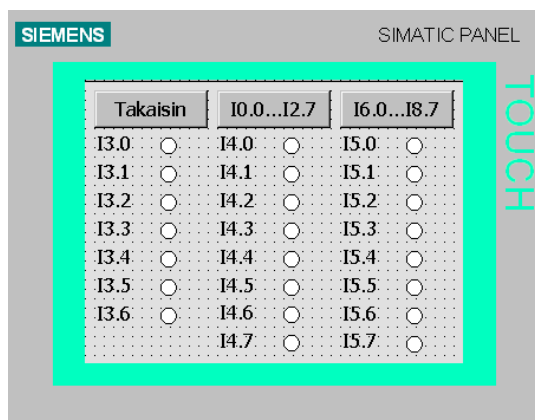
- 13 Profibus DP -optiokortti. 2006. Verkkodokumentti. Vacon Plc.
<http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3218/cf_2/Vacon-NX-OPTC3-C5-Profibus-Board-User-Manual-UD011.PDF>. Luettu 14.2.2016.
- 14 Profibus Technology and Application - System Description. 2002. Verkkodokumentti. PROFIBUS International. <<http://www.pacontrol.com/download/profibus-overview.pdf>>. Luettu 14.2.2016.
- 15 Perälä, Matti. 2013. Profibus DP -harjoittelulaitteiston kehittäminen. Insinööriyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- 16 SIMATIC STEP 7 Professional. Verkkodokumentti. Siemens.
<<http://w3.siemens.com/mcms/simatic-controller-software/en/step7/step7-professional/pages/default.aspx>>. Luettu 18.2.2016.
- 17 WinCC Premium Add-ons. Verkkodokumentti. Siemens.
<<http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/wincc-addons/Pages/Default.aspx>>. Luettu 18.2.2016.
- 18 SIMATIC WinCC - maximum plant transparency and productivity. Verkkodokumentti. Siemens. <<https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/simatic-wincc/Pages/default.aspx>>. Luettu 18.2.2016.
- 19 Understanding the IEC61131-3 Programming Languages. 2009. Verkkodokumentti. Bosch Rexroth Corporation.
<http://www.automation.com/pdf_articles/IEC_Programming_Thayer_L.pdf>. Luettu 31.1.2016.
- 20 Codesys 2.3 -sovellus. Viitattu 11.4.2016.
- 21 Instruction List (IL). Verkkodokumentti. Beckhoff Automation.
<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcplccontrol/html/TcPlcCtrl_Languages%20IL.htm>. Luettu 31.1.2016.
- 22 Direct On Line (DOL) Motor Starter. 2012. Verkkodokumentti. Electrical Engineering Portal. <<http://electrical-engineering-portal.com/direct-on-line-dol-motor-starter>>. Luettu 24.1.2016.
- 23 Pehmökäynnistinopas. 2011. Verkkodokumentti. ABB.
<https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf>. Luettu 24.1.2016.
- 24 Star-Delta Motor Starter. 2012. Verkkodokumentti. Electrical Engineering Portal. <<http://electrical-engineering-portal.com/star-delta-motor-starter>>. Luettu 24.1.2016.

- 25 AC Adjustable Speed Drive (ASD) - An Overview. 2012. Verkkodokumentti. Electrical Engineering Portal. <<http://electrical-engineering-portal.com/ac-adjustable-speed-drive-asd-an-overview>>. Luettu 24.1.2016.
- 26 Soft Starter In Industrial Applications. 2012. Verkkodokumentti. Electrical Engineering Portal. <<http://electrical-engineering-portal.com/soft-starter-industrial-applications>>. Luettu 24.1.2016.

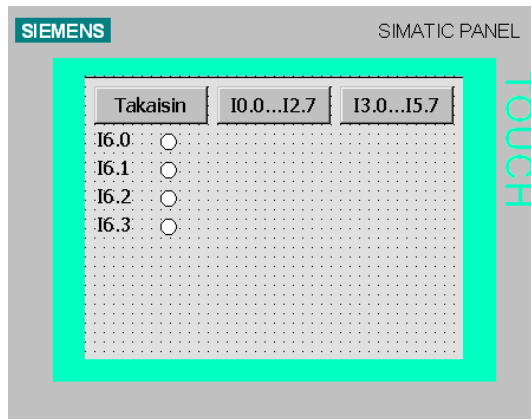
Kennopesukoneen tulojen ja lähtöjen selitykset



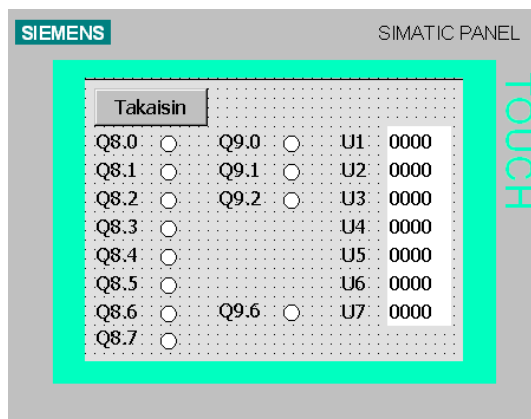
Tulo	Mikä ohjaa	Alkutila
I0.0	Pysäytyspiiri 1	ON
I0.1	Pysäytyspiiri 2	ON
I0.2	Pysäytyspiiri 3	ON
I0.3	0S3 Hätä-seis-painike	OFF
I0.4	1S2 Hätä-seis-painike	OFF
I0.5	1S3 Hätä-seis-painike	OFF
I0.6	Esipesun suojakupu	OFF
I0.7	Pääpesun suojakupu	OFF
I1.0	Hätä-seis-piiri	OFF
I1.1	2F5	ON
I1.2	3F5	ON
I1.3	5F5	ON
I1.4	6F5	ON
I1.5	7F5	ON
I2.0	Rumpuseulan suojakupu	ON
I2.1	Rumpuseulan suojakupu	ON
I2.2	Esipesusäiliön yläraja	OFF
I2.3	Pääpesusäiliön yläraja	OFF
I2.4	START kuljetin ulkoinen	OFF
I2.5	STOP kuljetin ulkoinen	OFF
I2.6	START pesu + puhallus ulkoinen	OFF
I2.7	STOP pesu + puhallus ulkoinen	OFF



I3.0	START pesu + kuljetin	OFF
I3.1	STOP pesu + kuljetin	ON
I3.2	START puhallus	OFF
I3.3	STOP puhallus	ON
I3.4	START höyrynpoiston puhallin	OFF
I3.5	STOP höyrynpoiston puhallin	ON
I3.6	Hätä-seis kuittaus	OFF
I4.0	4F5	ON
I4.1	F01	ON
I4.2	F02	ON
I4.3	F03	ON
I4.4	F04	ON
I4.5	F05	ON
I4.6	F06	ON
I4.7	F07	ON
I5.0	F08	ON
I5.1	F09	ON
I5.2	F10	ON
I5.3	Q01	ON
I5.4	Q02	ON
I5.5	Q03	ON
I5.6	Q04	ON
I5.7	Q05	ON



I6.0	Q06	ON
I6.1	Q07	ON
I6.2	Q08	ON
I6.3	Q09	ON

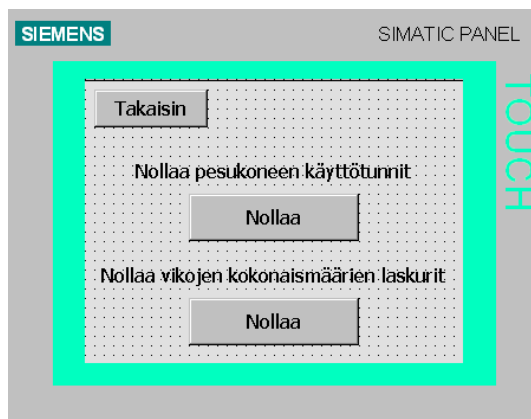


Lähtö Mitä ohjaa

Q8.0	K07
Q8.1	K08
Q8.2	K10
Q8.3	Y1.0
Q8.4	Y1.1
Q8.5	Y2.0
Q8.6	Y2.1
Q8.7	Y3
Q9.0	H2
Q9.1	H3
Q9.2	H4
Q9.6	Kuljettimen ohjaus päällä tieto

Taajuusmuuttajien tilat:

047F	Käy
047E	Pysäytys hidastaen / seis (häätäseis)
047D	Pysäytys vapaasti pyörien / seis



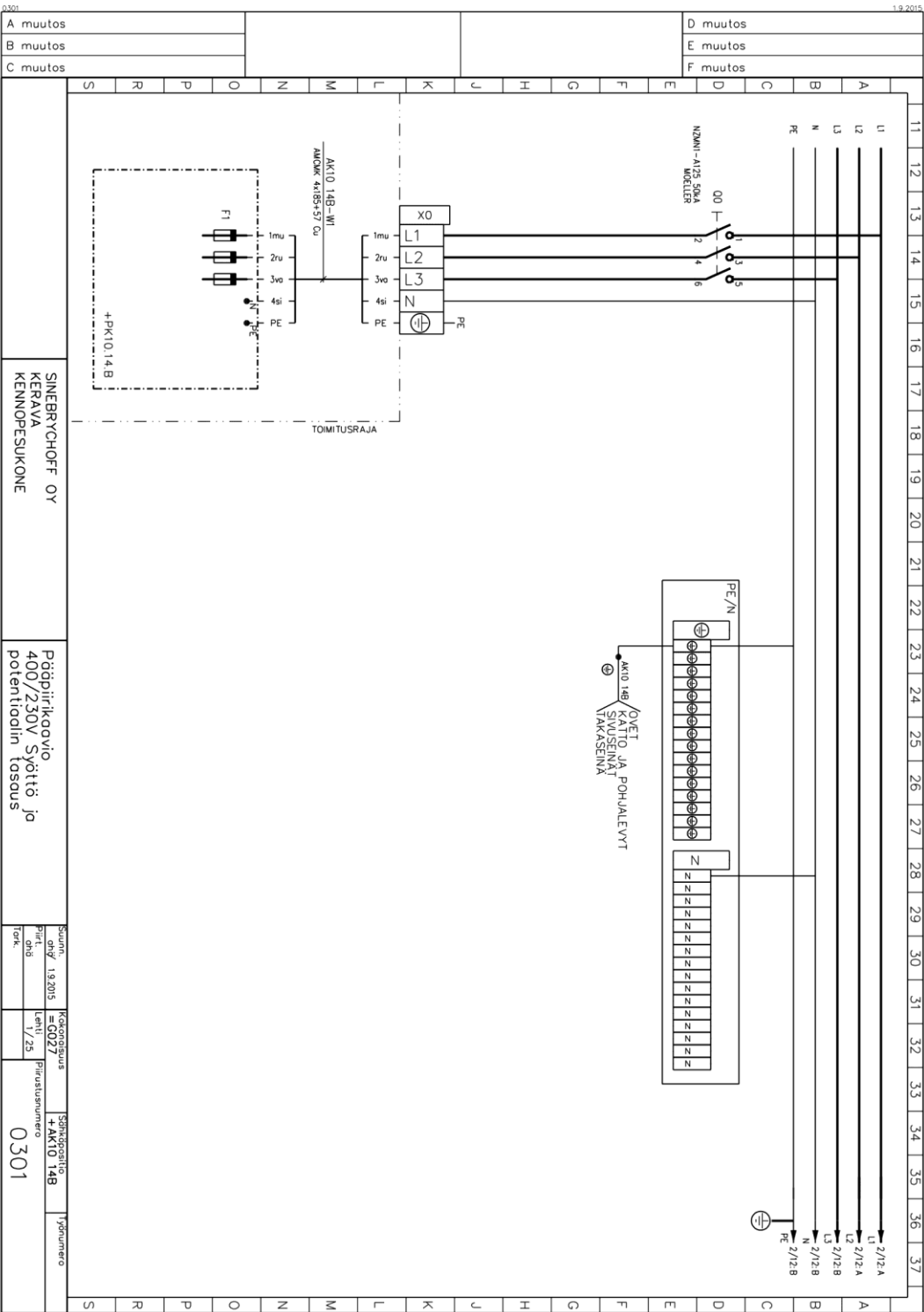
Tietoa nollauksesta:

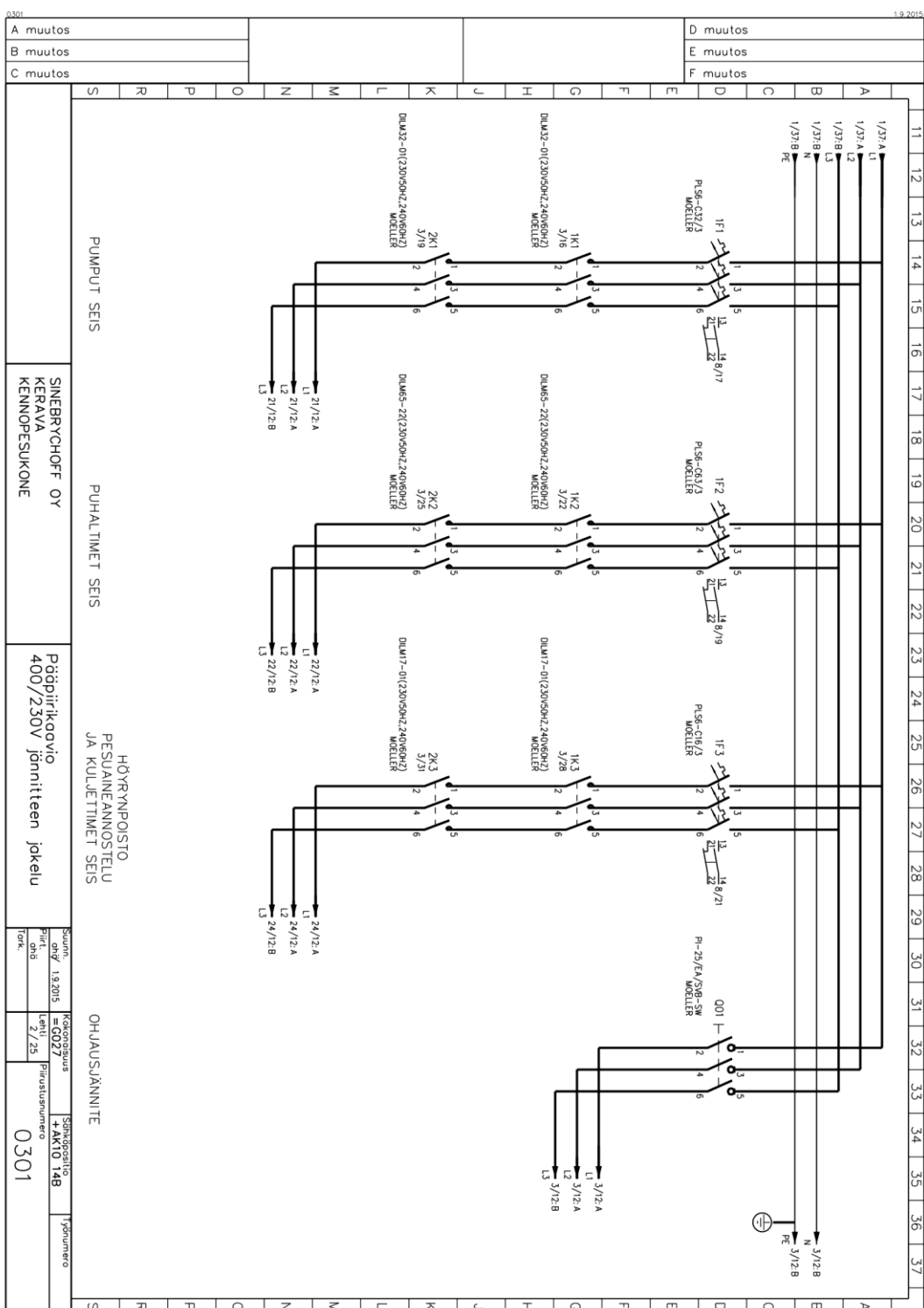
Pesukoneen käyttötunnit
Maksimiarvo: 2 147 483 647 s
Tunteina: 596 523 h

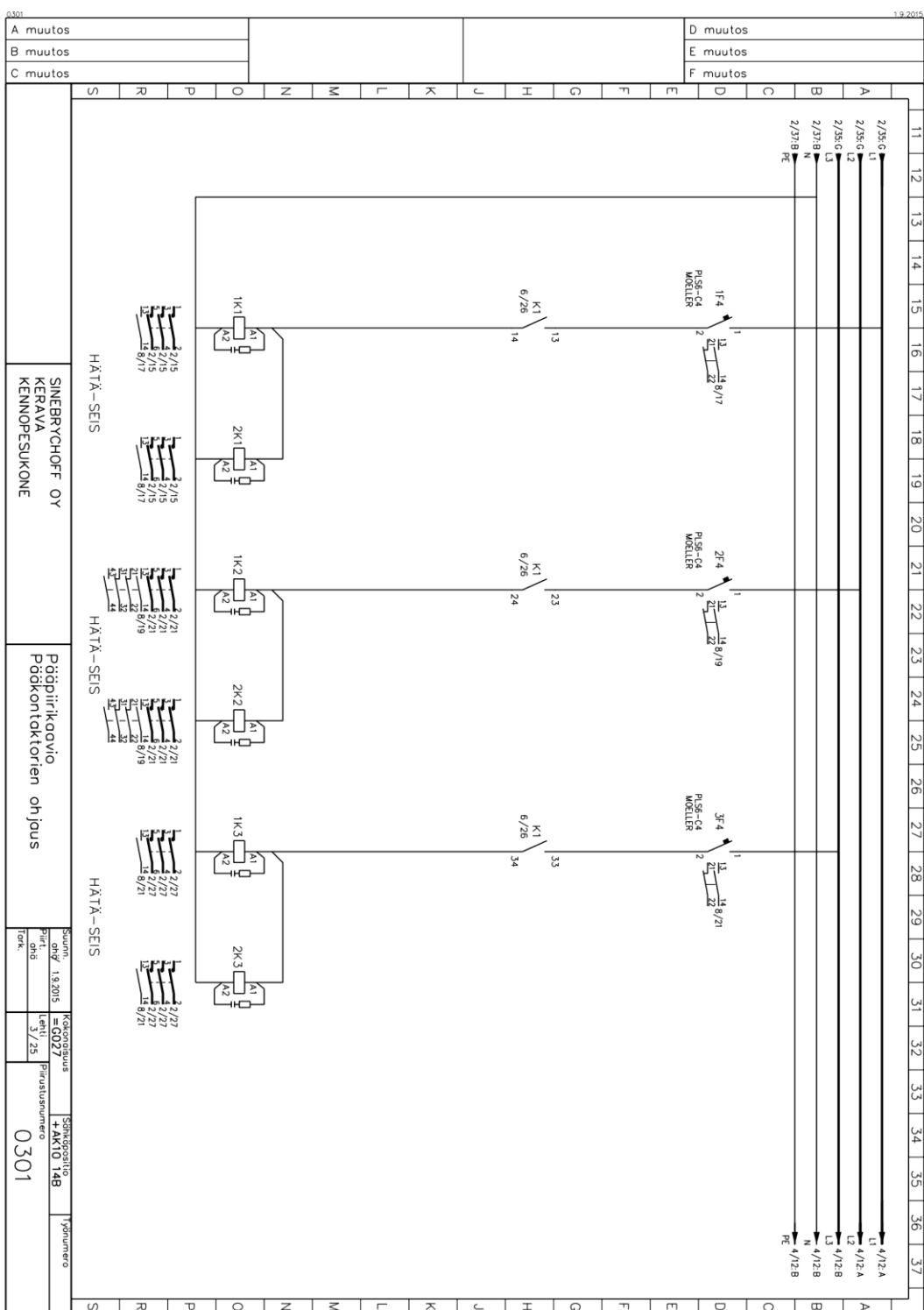
Vikojen kokonaismäärä laskuri
Maksimiarvo per vika: 32 767 kpl

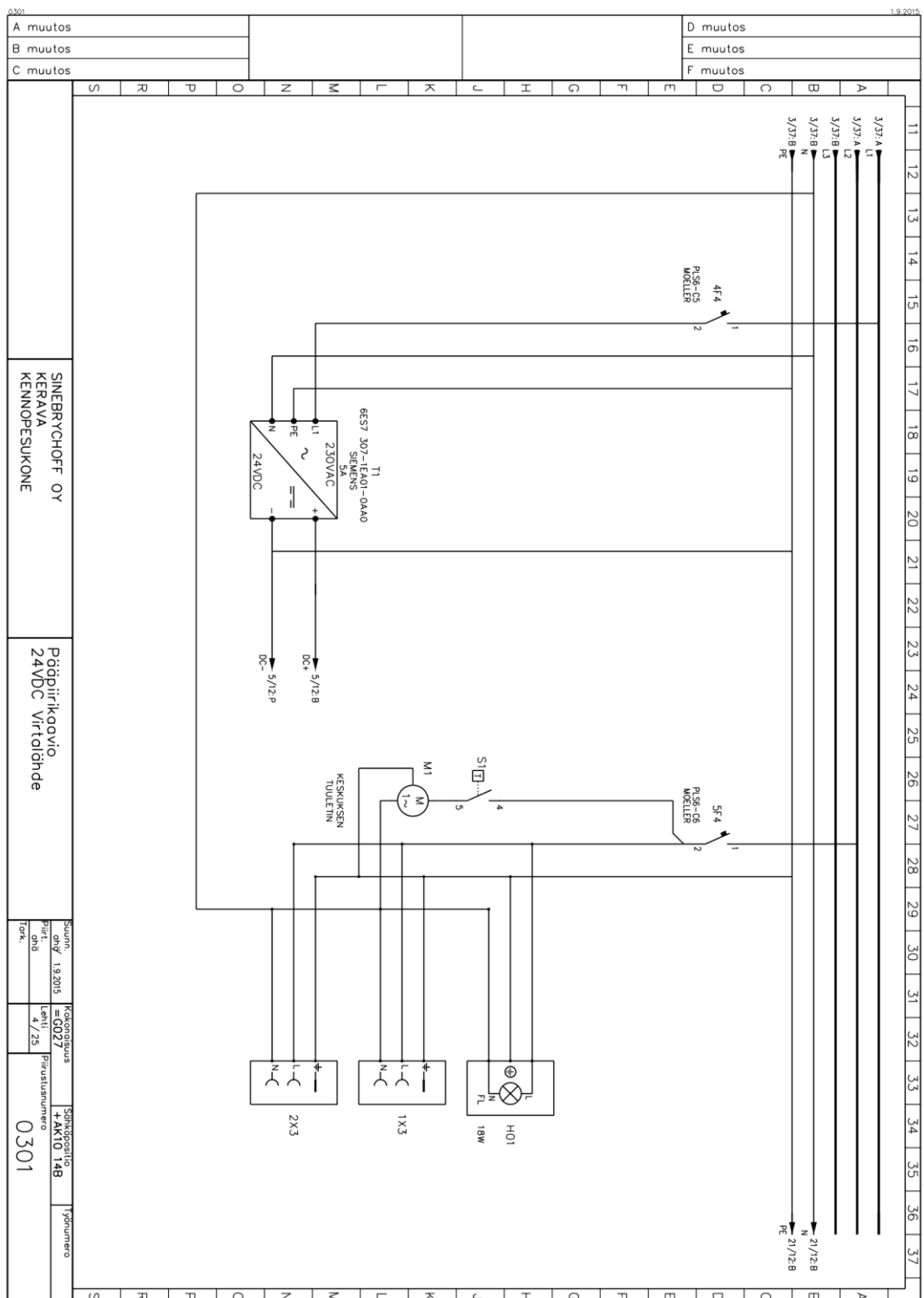
Piirikaaviokuvat

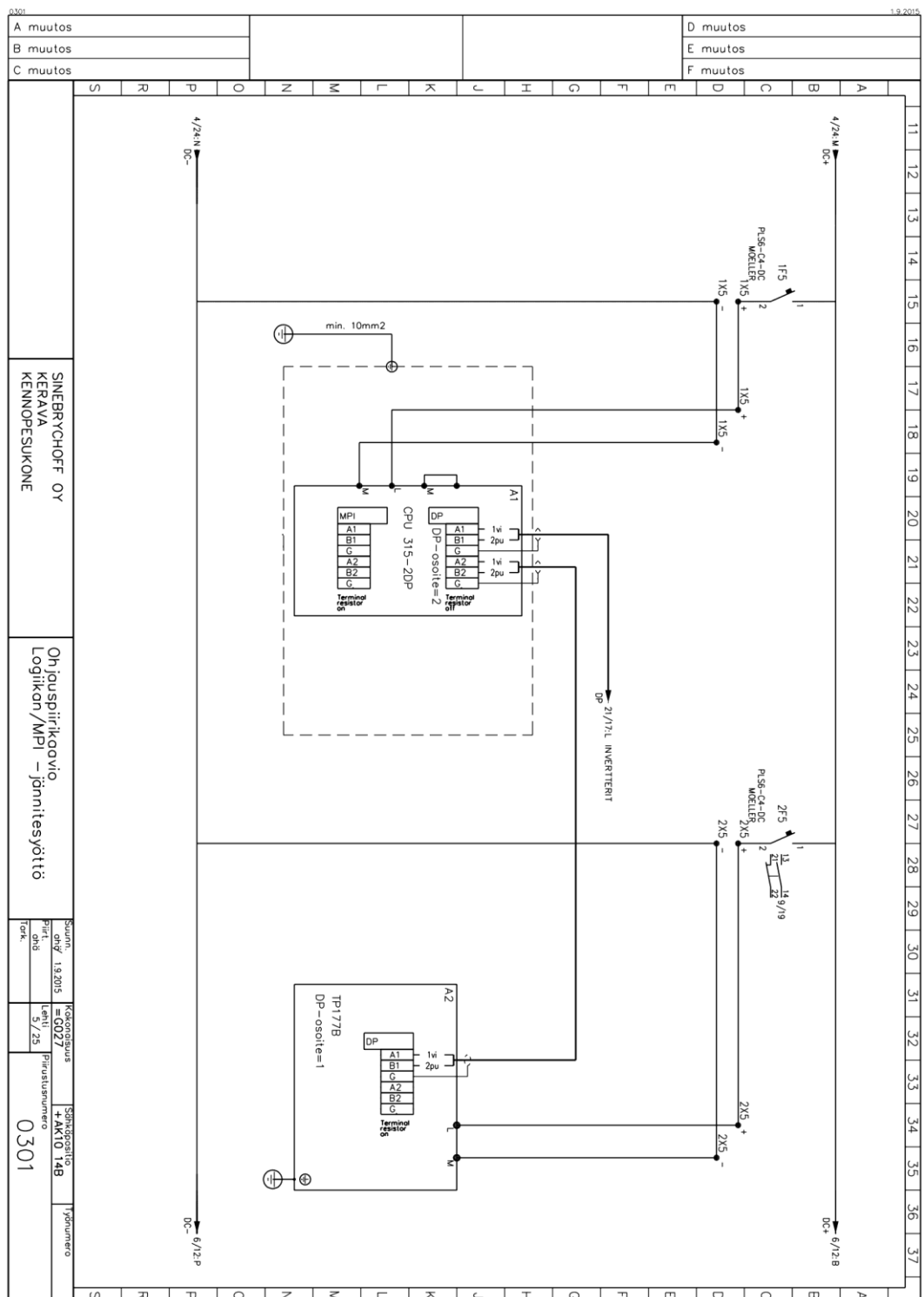
[illegible]

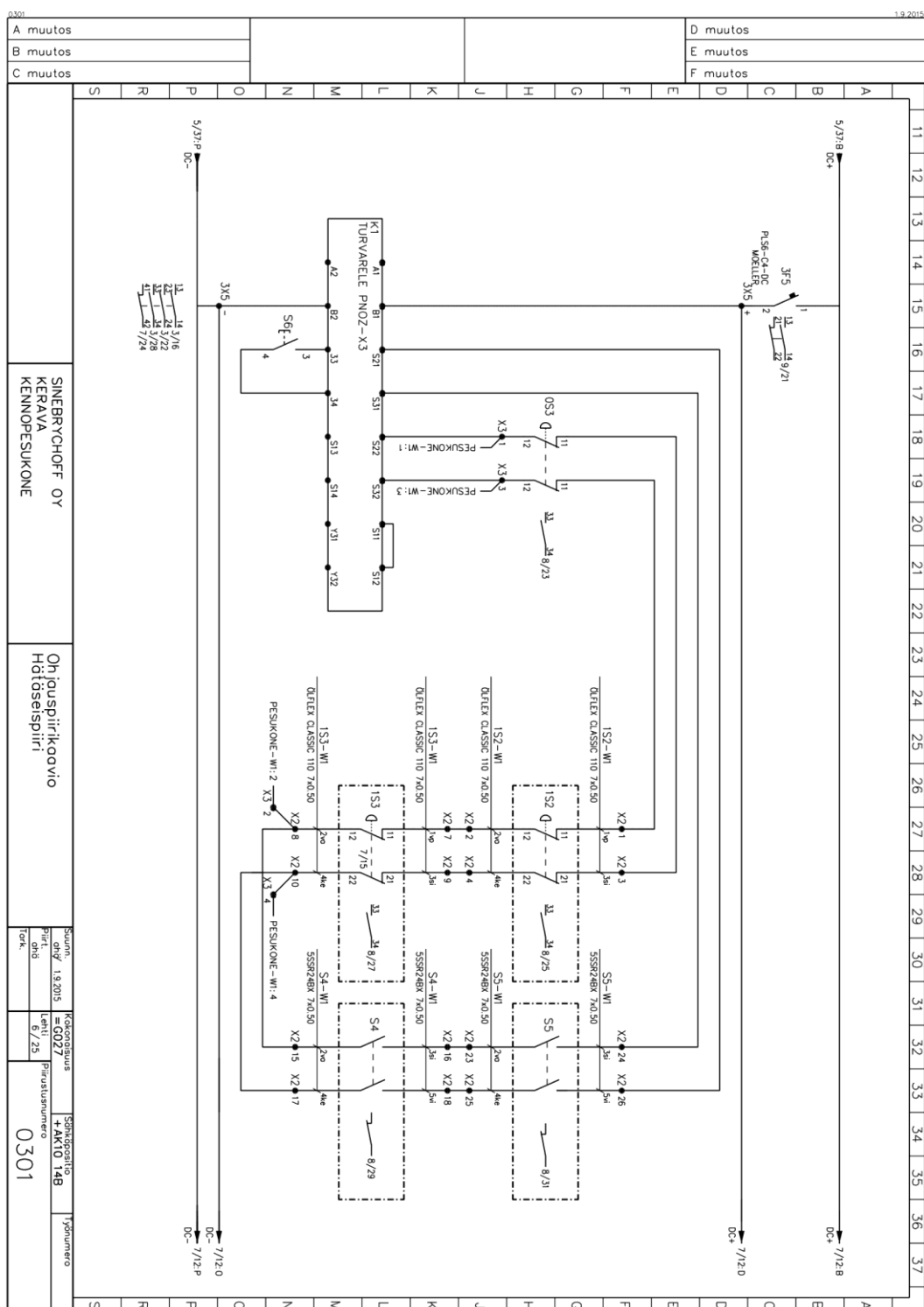


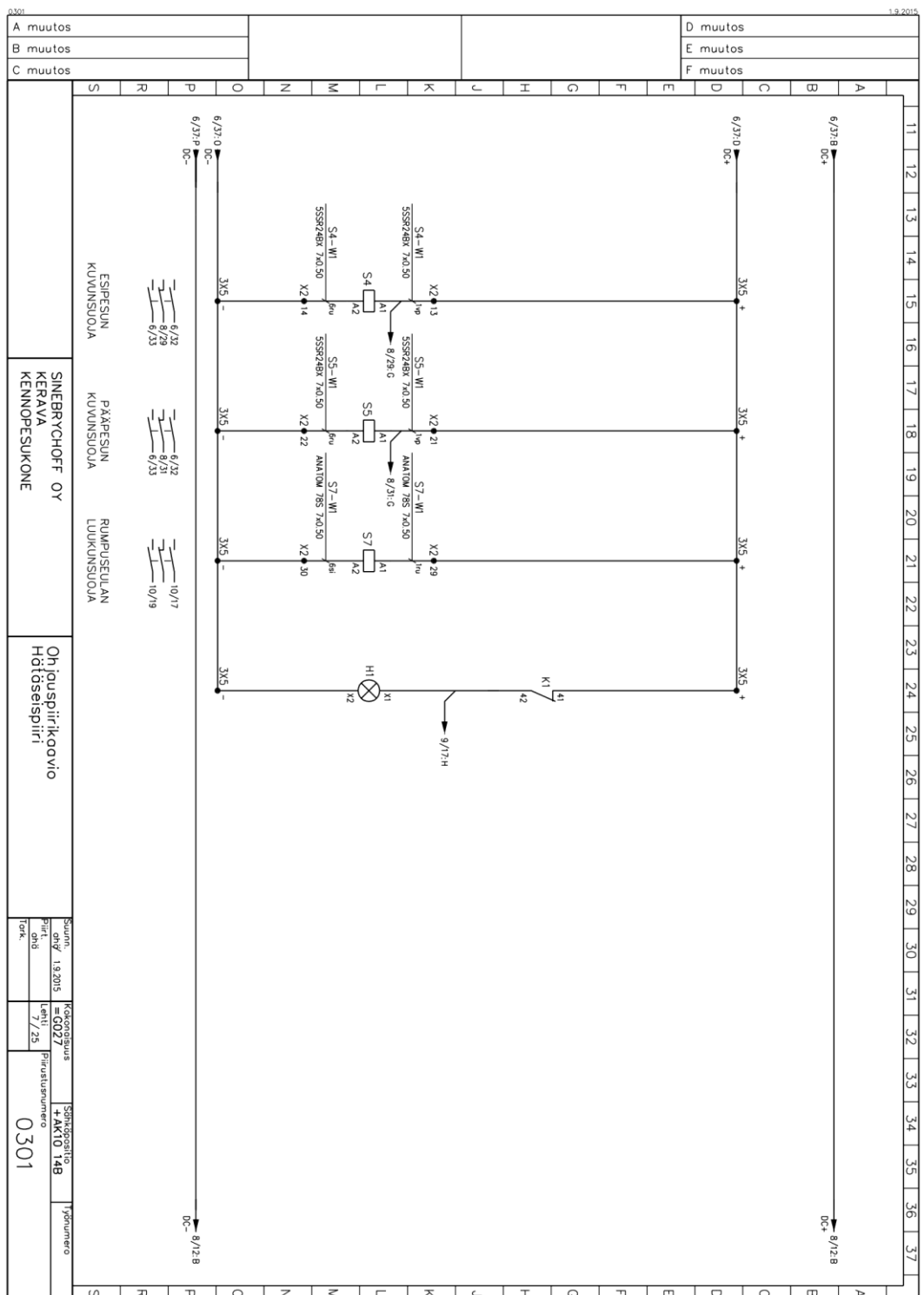


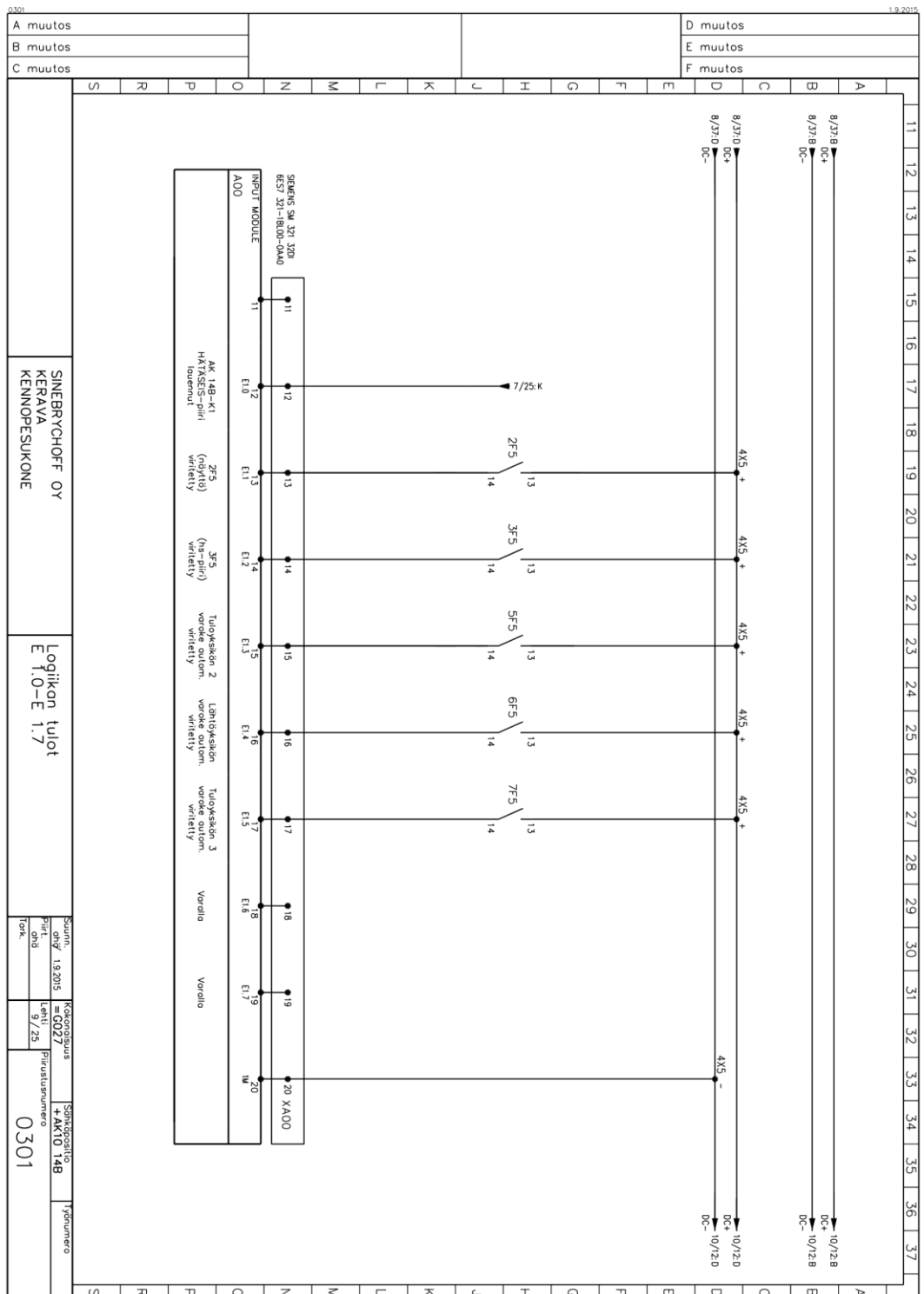




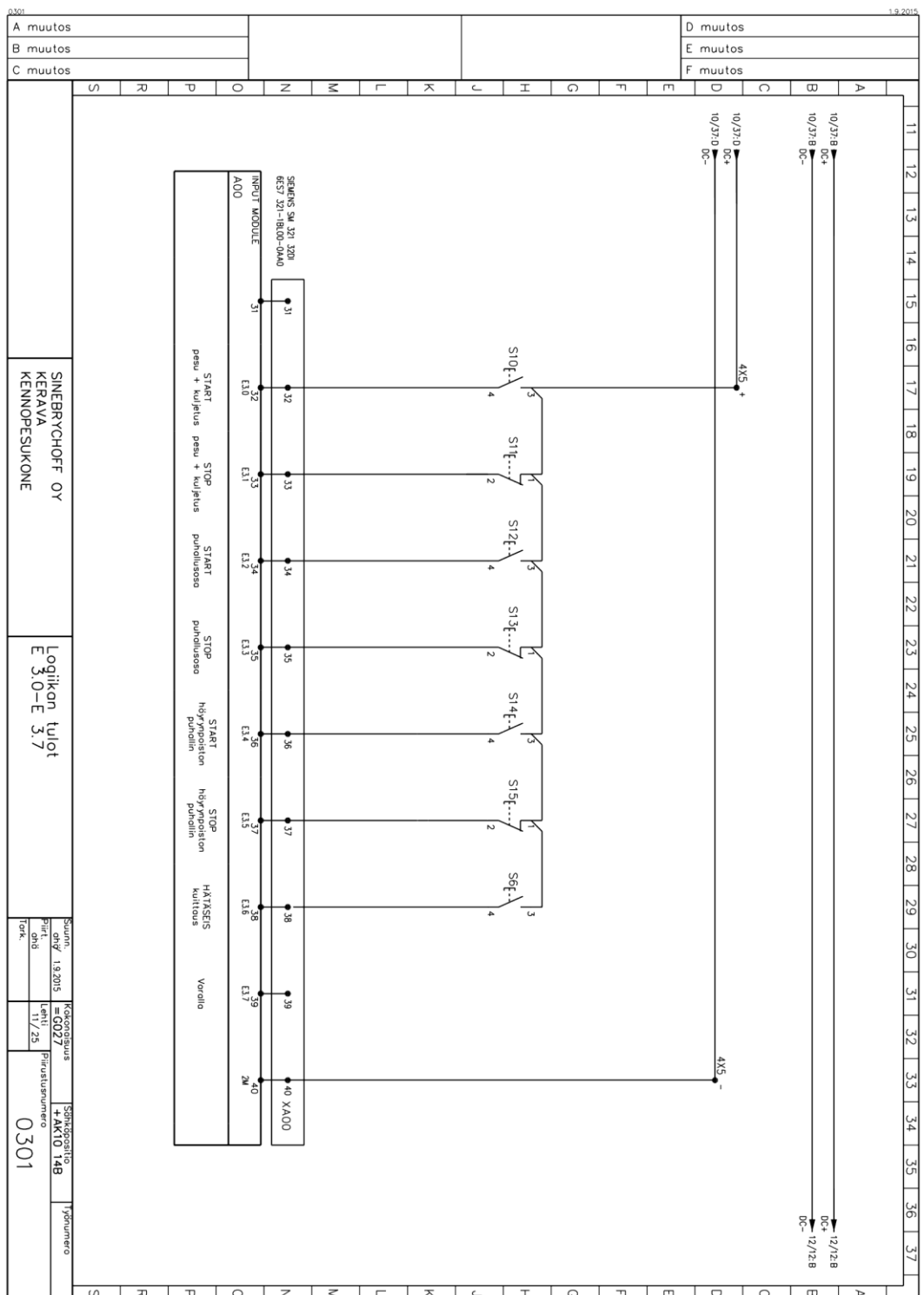


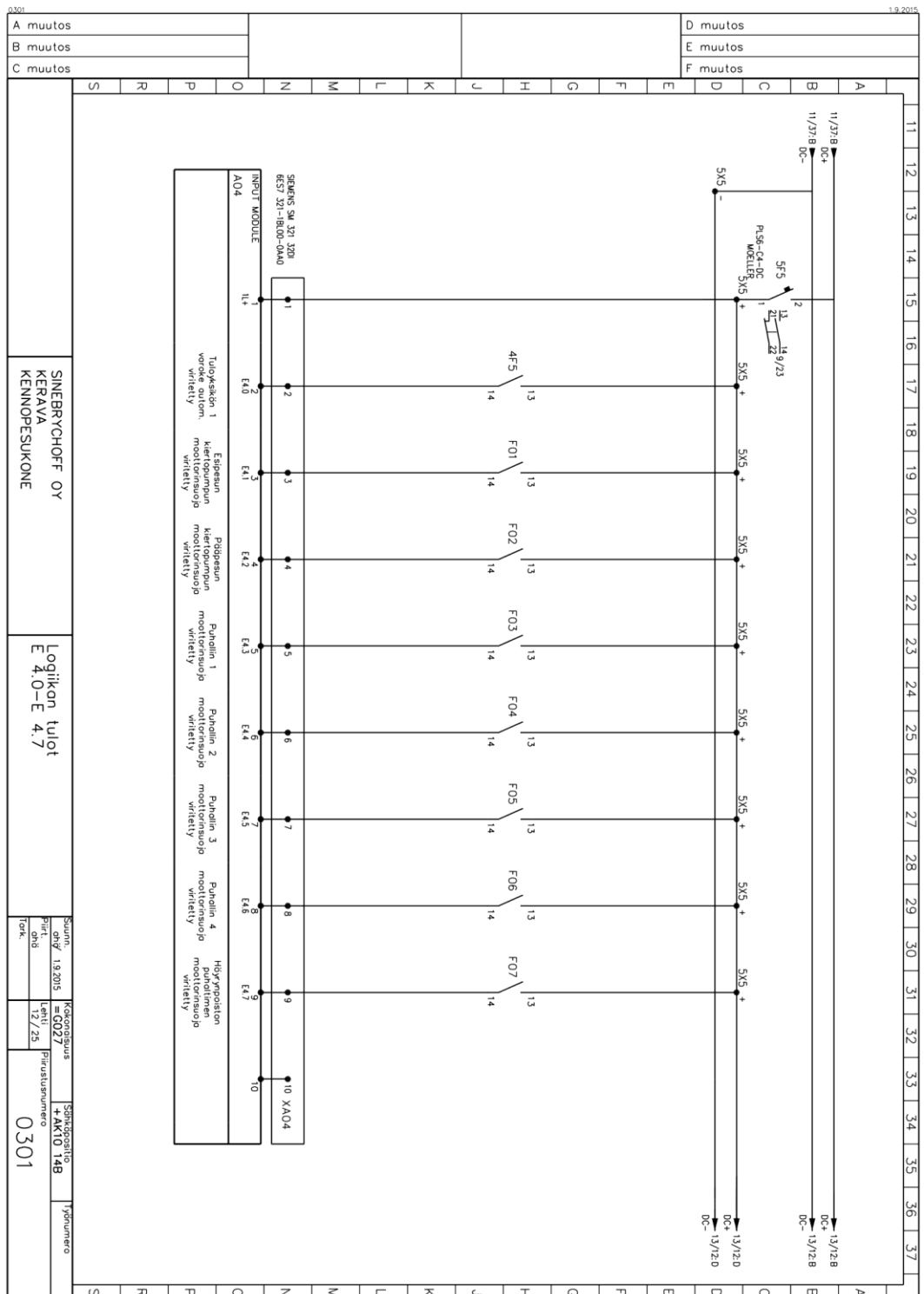


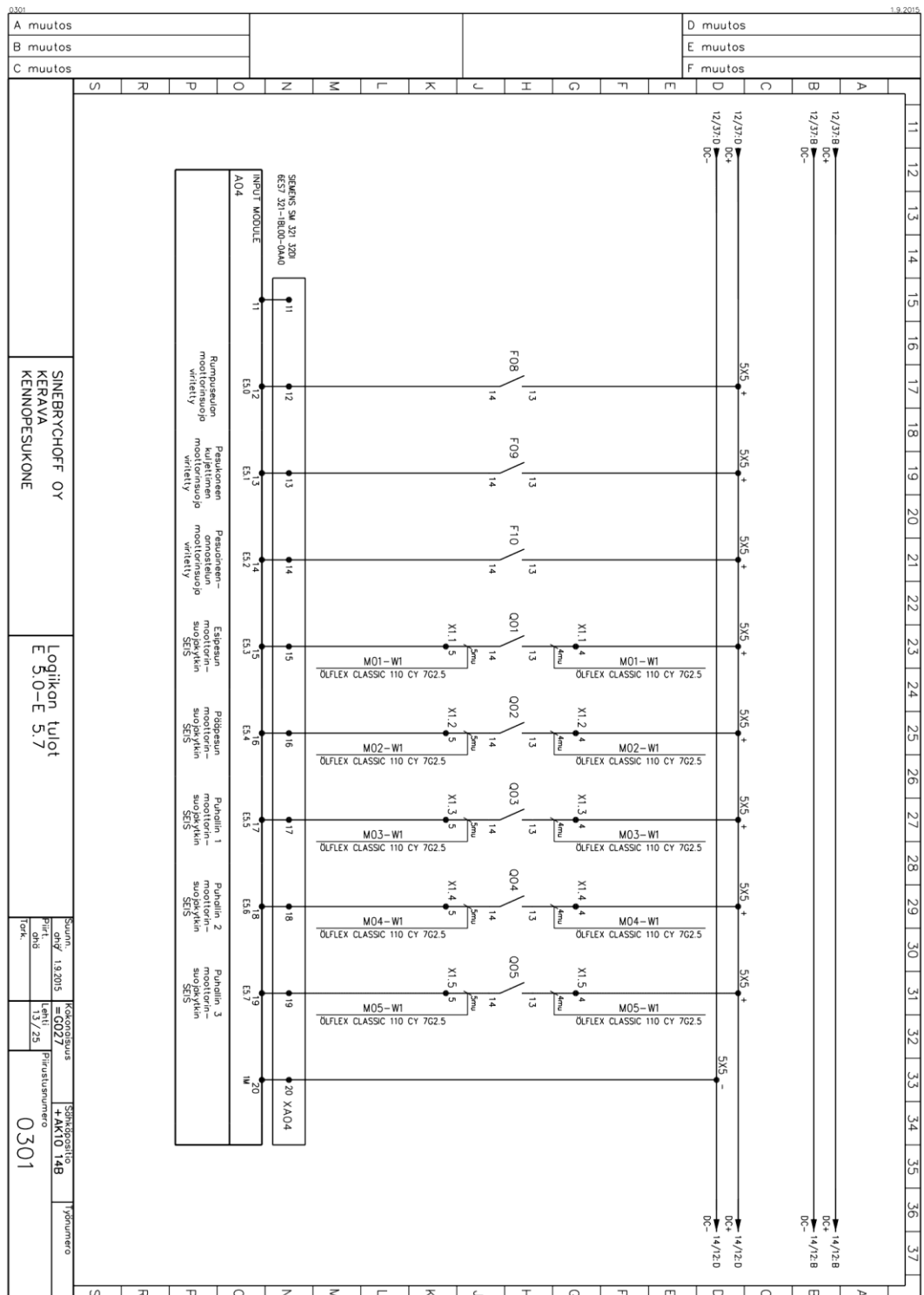


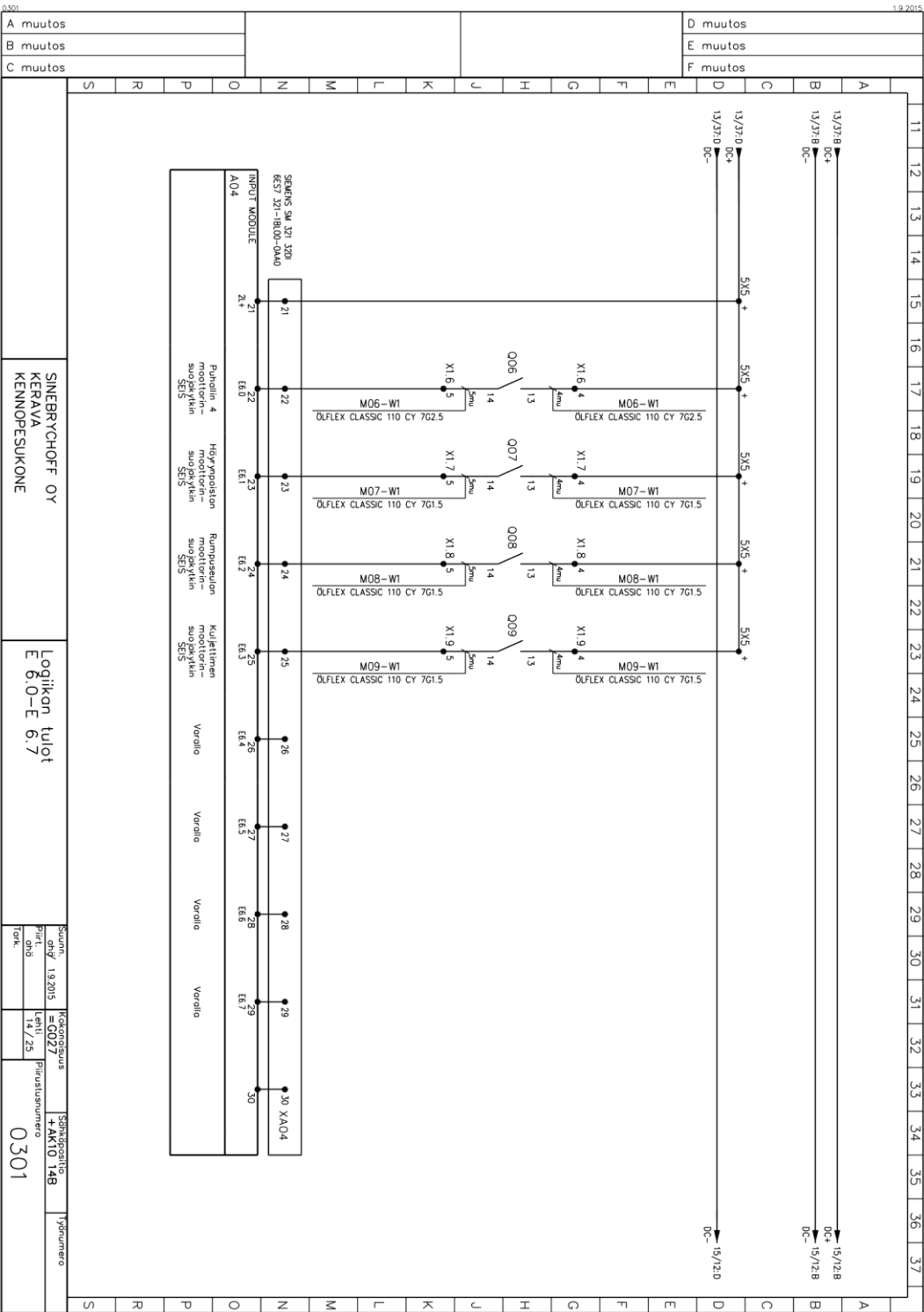


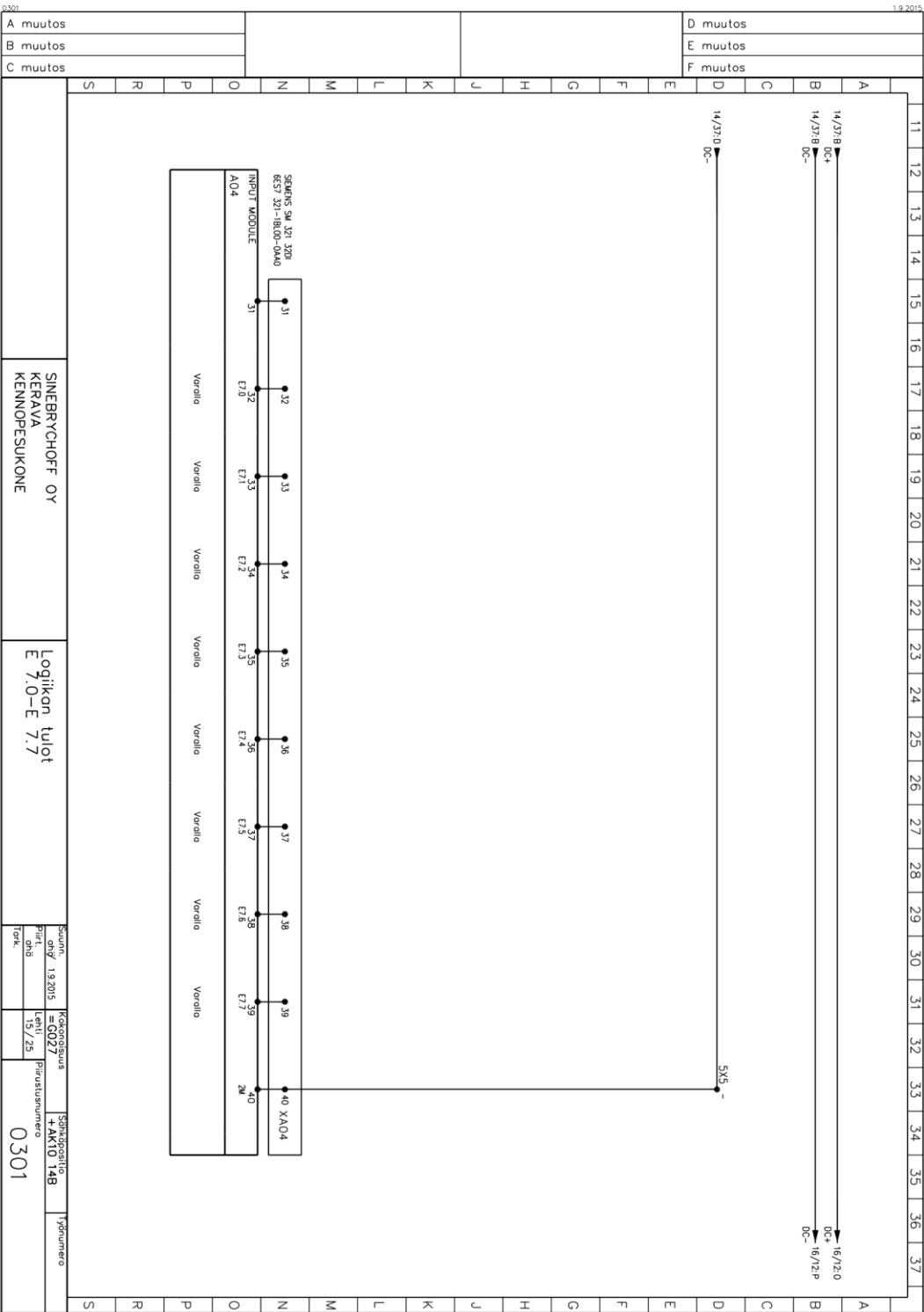




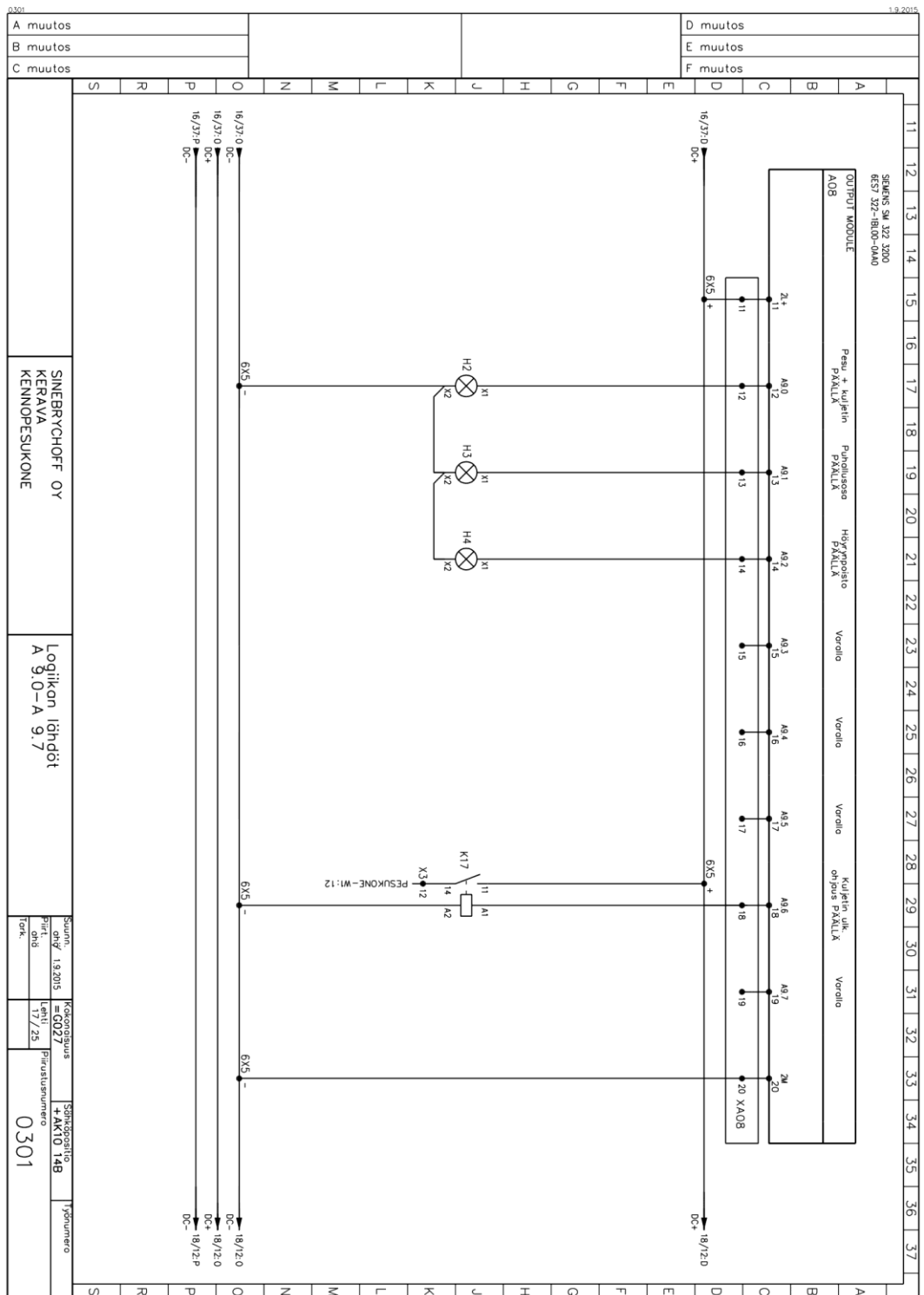


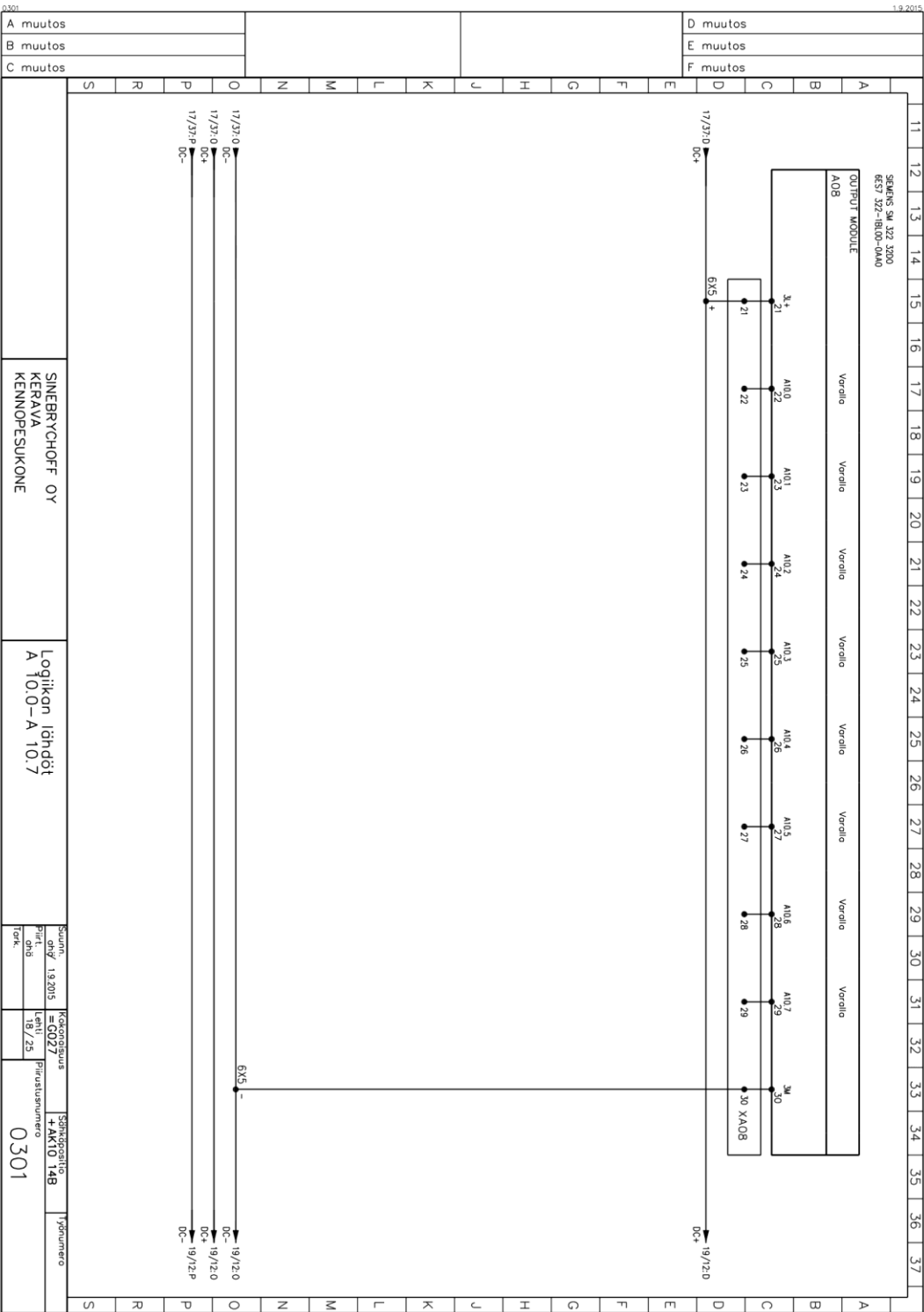


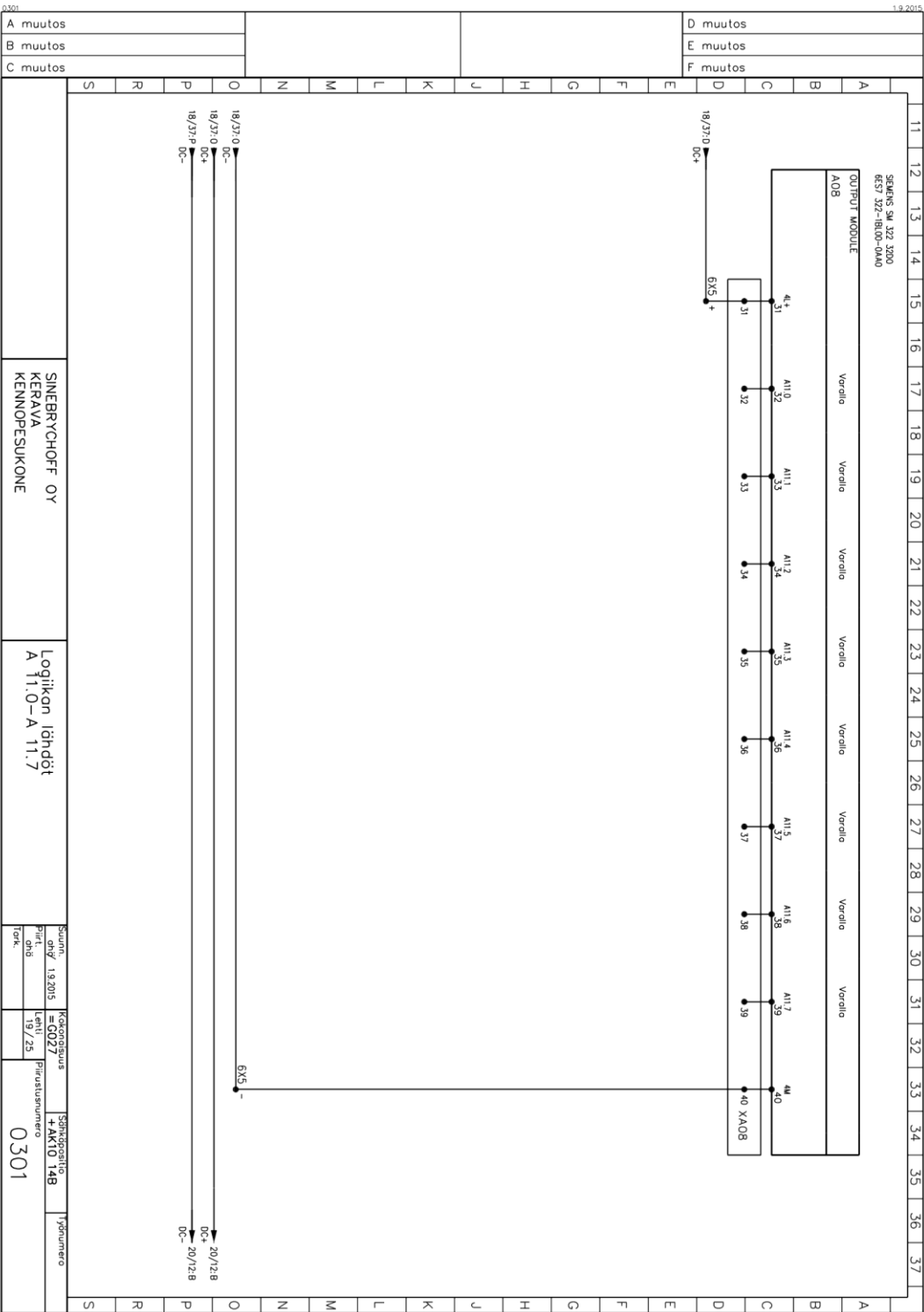


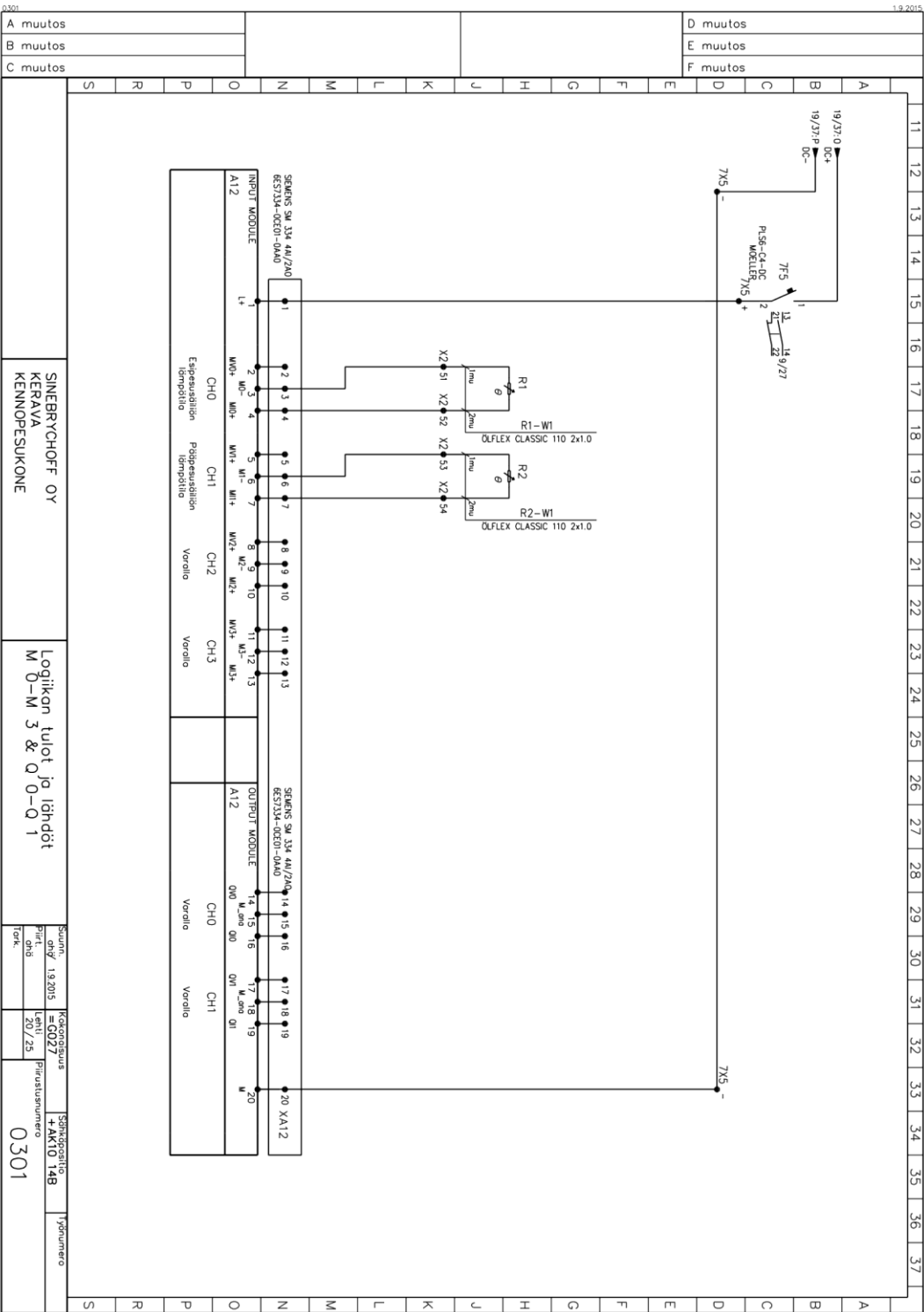


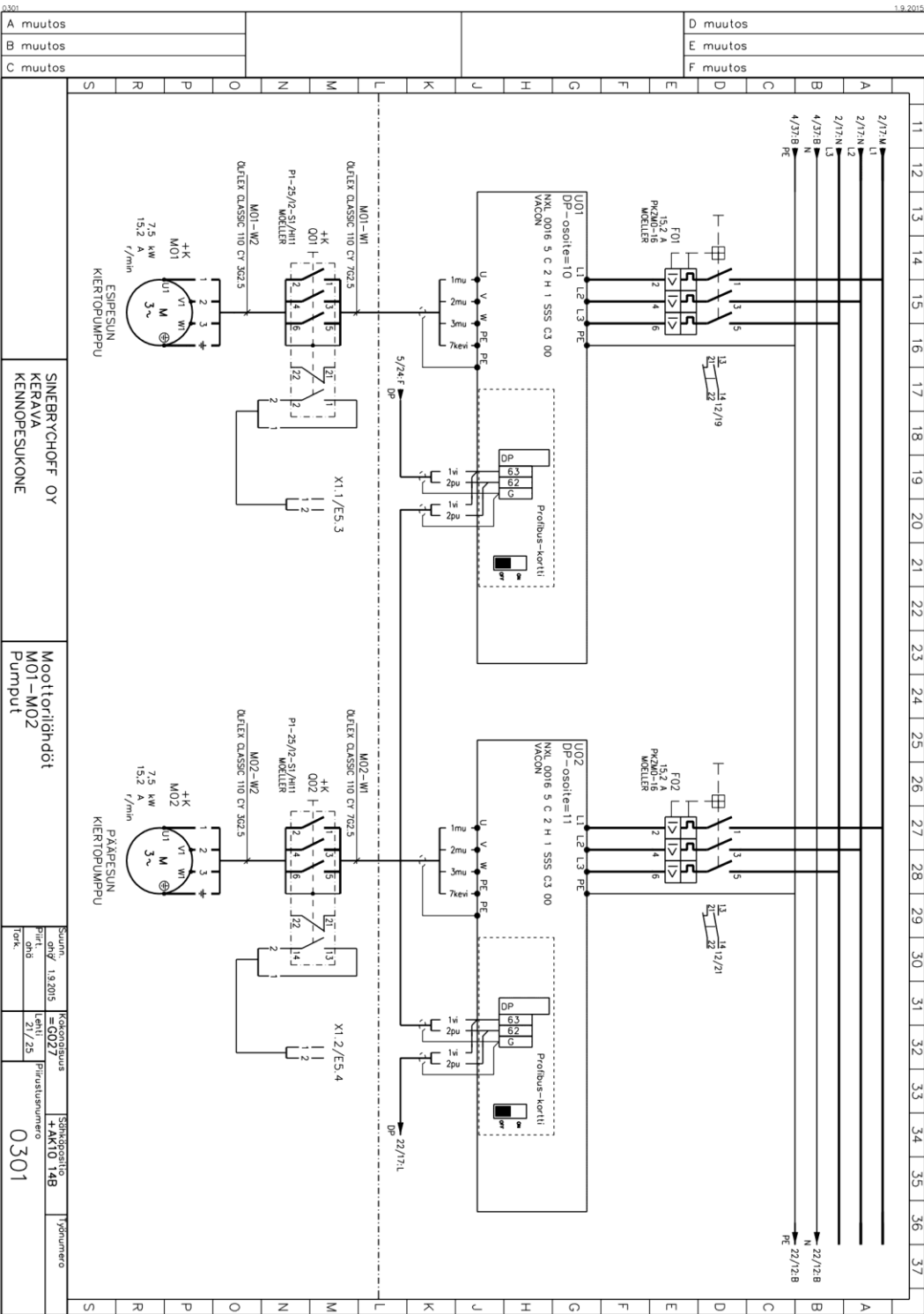


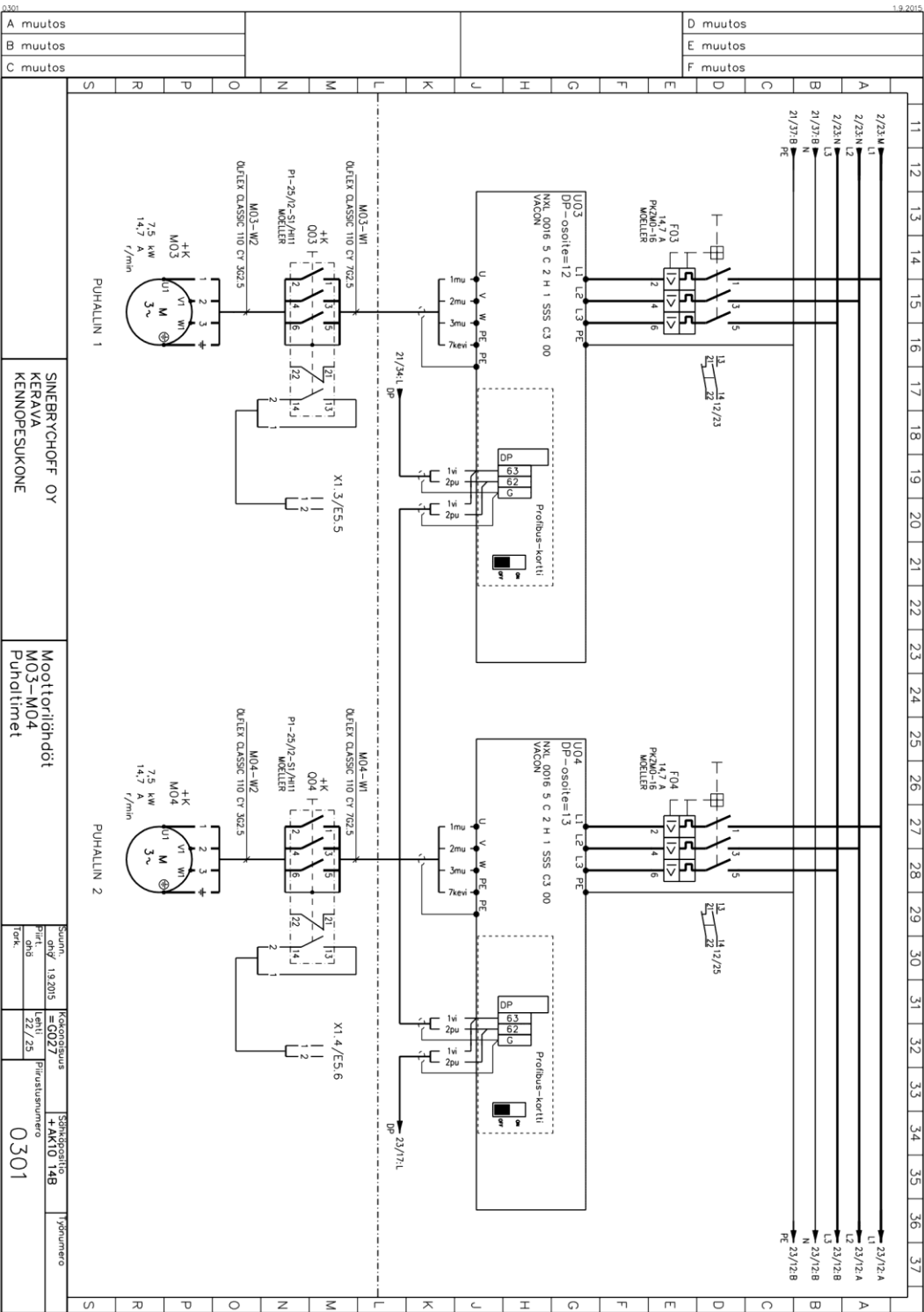


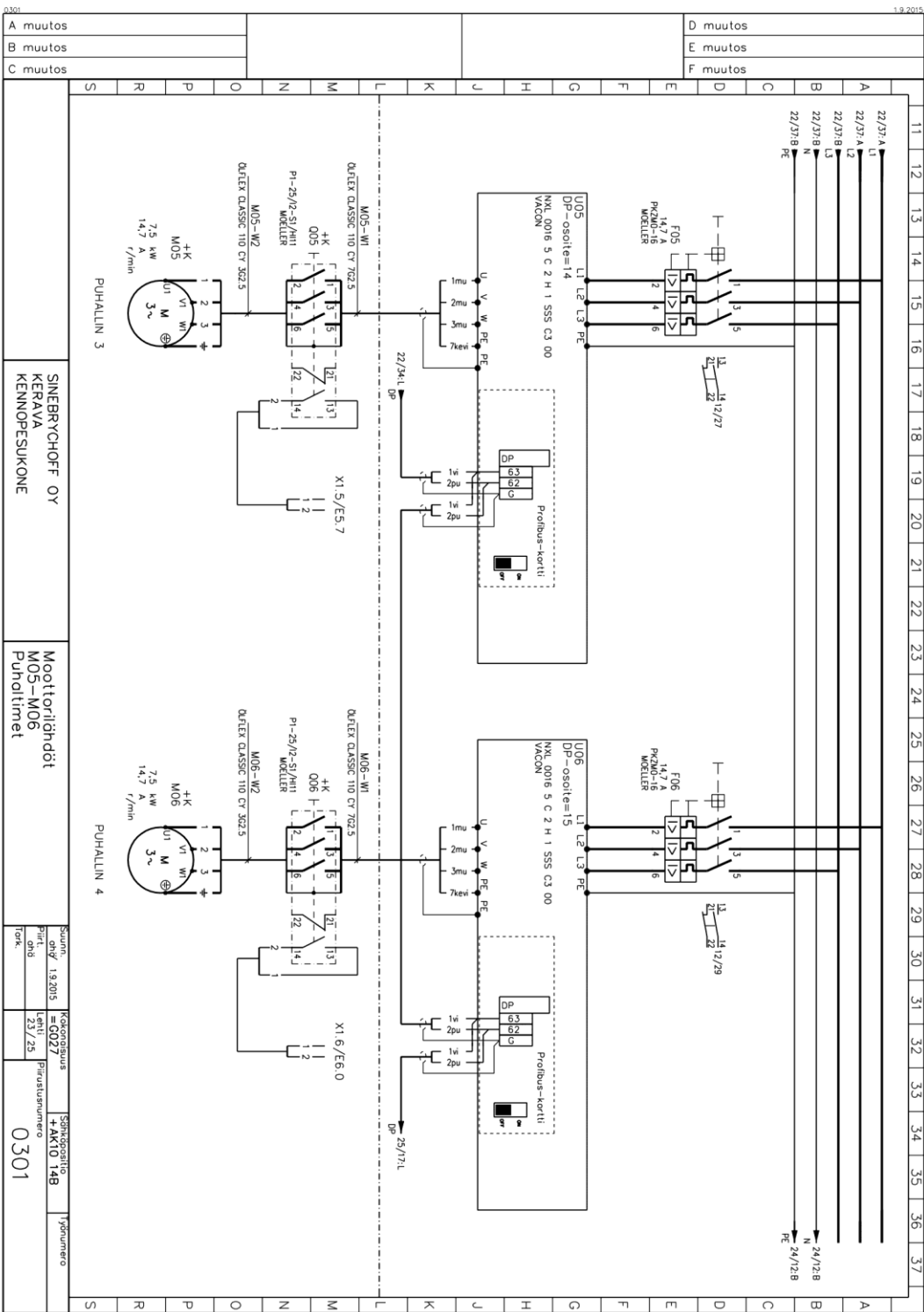


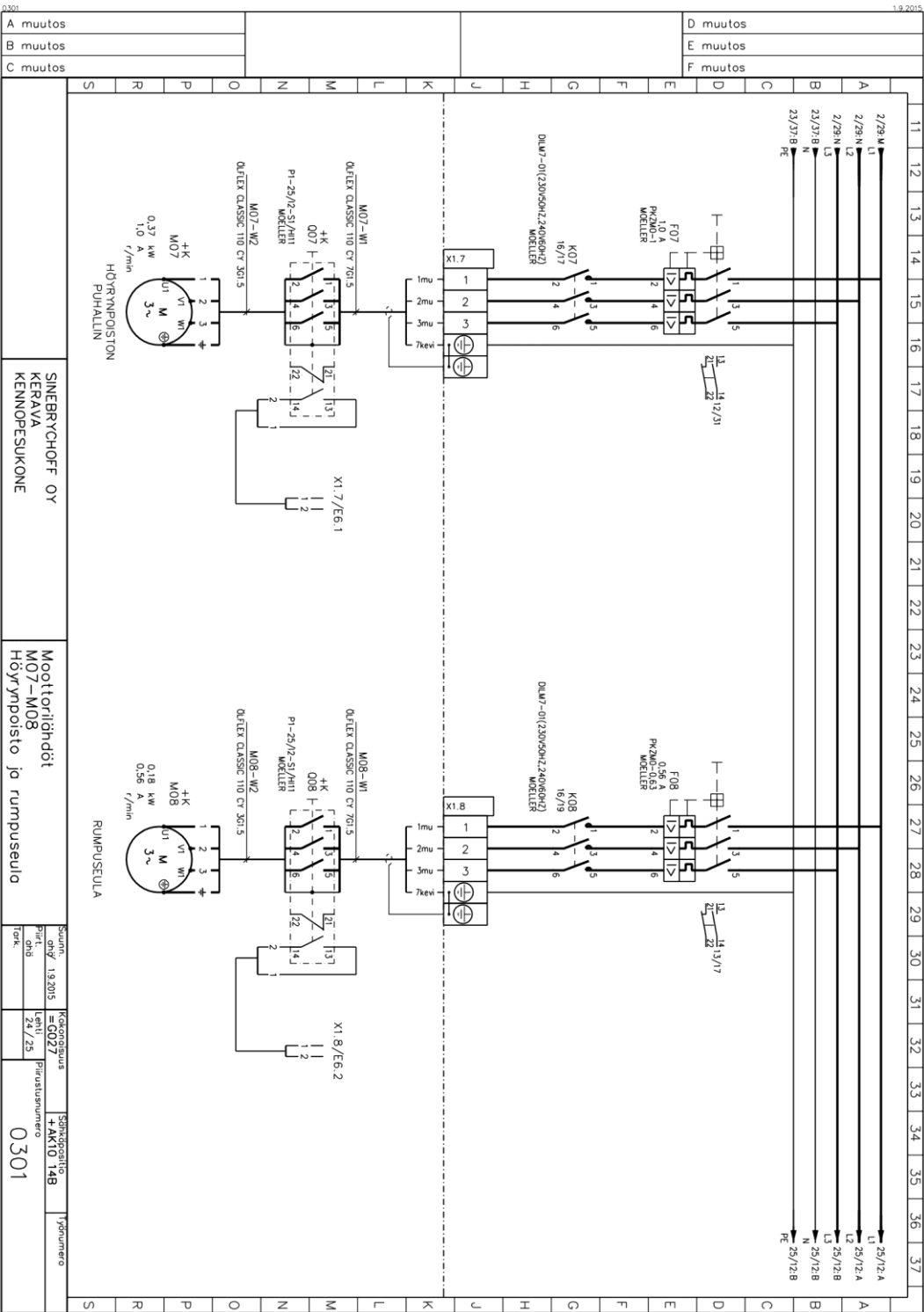




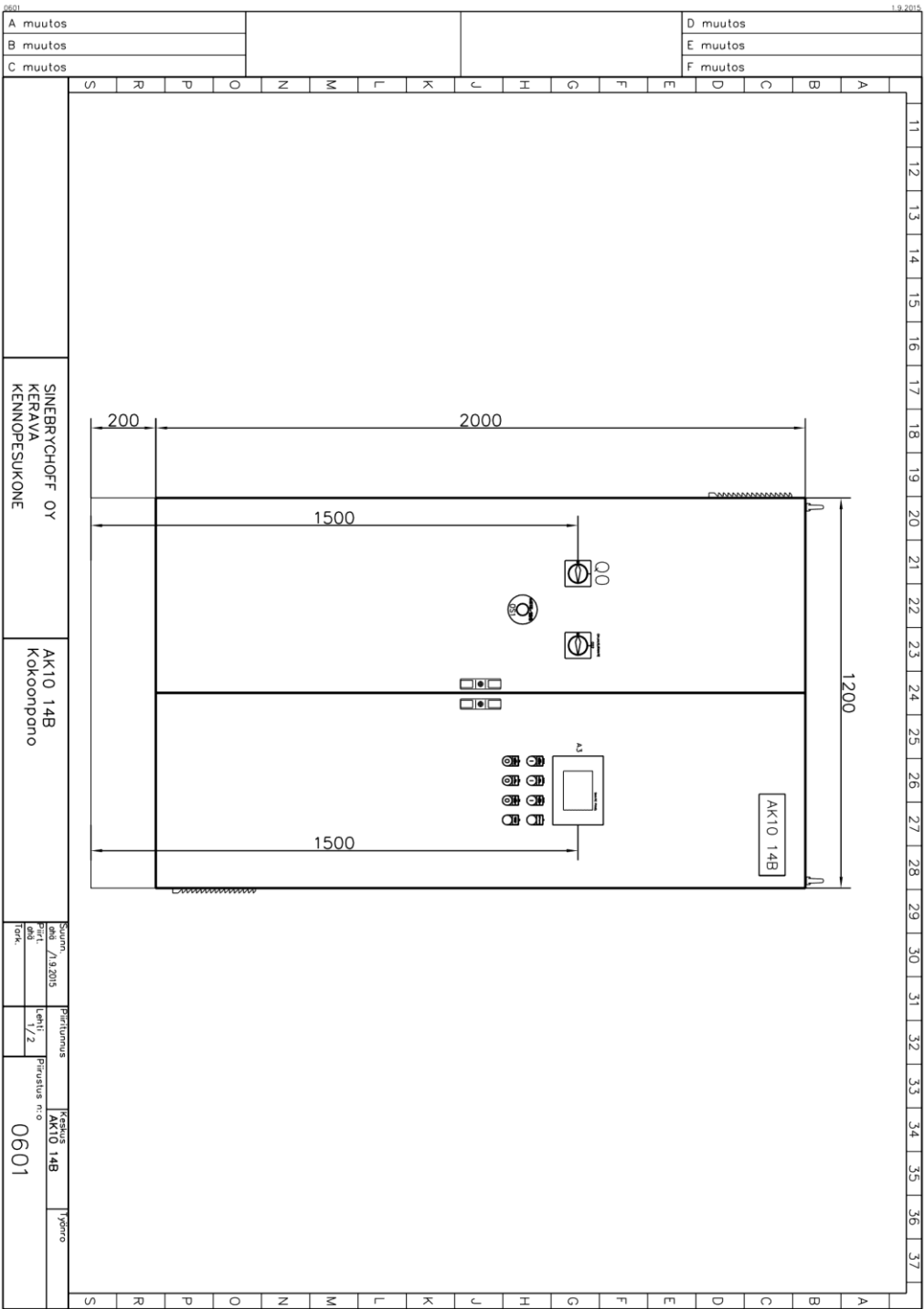


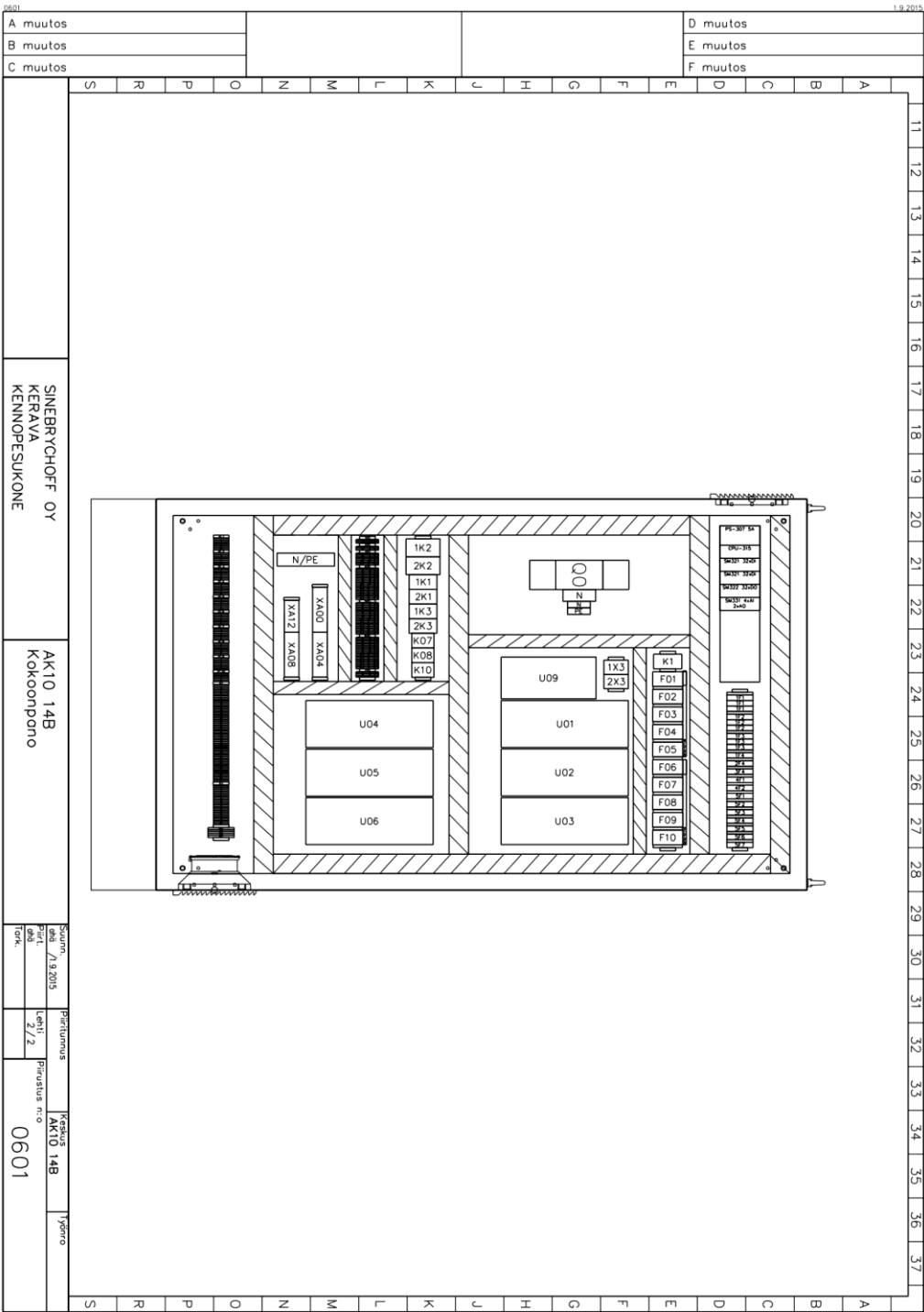












1.9.2015									
D muutos									
E muutos									
F muutos									
LAITE		TYPPI		VALMISTAJA		MÄÄRÄ	NIMIKE	ALI-HANKINTA	HUOM.
1	PÄÄKYTKIN 0-1 3-nop	P1-25/EA/SVB-SW	MOELLER	1					
2	PÄÄKYTKIN	NZMN1-A125 50kA	MOELLER	1					
3	PÄÄKYTKIMEN AKSELI 400 MM	NZM 1/2 XY4	MOELLER	1					
4	PÄÄKYTKIMEN KAHVA	NZM1-XTD	MOELLER	1					
5	PÄÄKYTKIMEN LITINSUOJA	NZM1-KKSA	MOELLER	1					
6	HÄTÄSEIS PAINIKE	M22-PV	MOELLER	1					
7	HÄTÄSEIS PAINIKE	M22-PV/KC02/JY	MOELLER	2					
8	HÄTÄSEIS KILVENPIDIN	M22-XAK-SF99	MOELLER	1					
9	TASOPAINIKE MUSTA O	M22-D-S-XO	MOELLER	3					
10	TASOPAINIKE SININEN	M22-D-B	MOELLER	1					
11	VALOPAINIKE 1, START	M22-DL-W-X1	MOELLER	3					
12	KIINNITYSADAPTERI ETUL.	M22-A	MOELLER	1					
13	KOSKETIN ETUL. 1S	M22-K10	MOELLER	6					
14	KOSKETIN ETUL. 1A	M22-K01	MOELLER	5					
15	LED-ELEMENTTI ETUL. KIRKAS	M22-LED-W	MOELLER	3					
16	LED-ELEMENTTI ETUL. PUNAINEN	M22-LED-R	MOELLER	1					
17	MERKKIVALON LINSSI PUNAINEN	M22-L-R	MOELLER	1					
18	KILVENPIDIN 30x50	M22S-ST-X	MOELLER	2					
19	TURVAKYTKIN	P1-25/I2/SWB	MOELLER	9					
20	APUKOSKETIN SVUKIIN.	HI11-P1/P3Z	MOELLER	9					
21	KONTAKTORI	DLM7-01(230V50HZ,240V60HZ)	MOELLER	3					
22	KONTAKTORI	DLM17-01(230V50HZ,240V60HZ)	MOELLER	2					
23	KONTAKTORI	DLM32-01(230V50HZ,240V60HZ)	MOELLER	2					
24	KONTAKTORI	DLM65-22(230V50HZ,240V60HZ)	MOELLER	2					
25	RC-SUOJA	DLM32-XSPR240	MOELLER	4					
26	RC-SUOJA	DLM95-XSPR240	MOELLER	2					
27	TURVARELE	PNQZ X3 230 / 24VDC	PIUZ	1					
28	APUKOSKETIN SVUKIIN.	NH1-11-PKZ0 1s, 1a	MOELLER	10					
29	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	PKZM0-0.63	MOELLER	1					
30	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	PKZM0-1	MOELLER	1					
31	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	PKZM0-2.5	MOELLER	2					
32	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	PKZM0-16	MOELLER	6					
33	YIRANSYÖTTÖKISKO 3-nop	B3 1/5-PKZ0	MOELLER	2					
34	YIRANSYÖTTÖLITIN 3-nop	BK25/3-PKZ0	MOELLER	2					
35	PLS-APUKOSKETIN	Z-AHK (PLS) 1NO+1NC	MOELLER	15					
A muutos		SINERBYCHOFF OY KERÄVÄ KENNOPESUKONE	Osailueteio lailuetylin mukoon määritueteio	Summa Pila Tark		Kokoonpau G027 1/3	Pilaus n.o AK10 14B	Tyypon	
B muutos									
C muutos									
0702									

1.9.2015									
D muutos									
E muutos									
F muutos									
	LAITE	TYYPPI	VALMISTAJA	MÄÄRÄ	NIMIKE	ALI-HANKINTA	HUOM.		
	1 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C4	MOELLER	3					
	2 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C4-DC	MOELLER	7					
	3 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C5	MOELLER	1					
	4 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C6	MOELLER	1					
	5 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C16/3	MOELLER	1					
	6 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C32/3	MOELLER	1					
	7 JOHDONSUOJA-AUTOMAATTI	PLS6-C63/3	MOELLER	1					
	8 TAAJUSMUUTTAJA	NXL 0003 5 C 2 H 1 SSS C3 00	VACON	1					
	9 TAAJUSMUUTTAJA	NXL 0016 5 C 2 H 1 SSS C3 00	VACON	6					
	10 RIVULITIN	UT 2.5	PHOENIX CONTACT OY	132					
	11 RIVULITIN	UTB 2.5	PHOENIX CONTACT OY	71					
	12 RIVULITIN	UT 2.5 PE	PHOENIX CONTACT OY	15					
	13 RIVULITIN	UKH 70 BU	PHOENIX CONTACT OY	1					
	14 RIVULITIN	UKH 70-PE/S	PHOENIX CONTACT OY	1					
	15 RIVULITIN	UKH 240 BU	PHOENIX CONTACT OY	1					
	16 PÄÄTYLEVY	D-UT 2.5/10	PHOENIX CONTACT OY	13					
	17 PÄÄTYLEVY	D-UTB 2.5/4	PHOENIX CONTACT OY	7					
	18 PÄÄTYPURISTIN	E/NS 35 N	PHOENIX CONTACT OY	35					
	19 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 2-5	PHOENIX CONTACT OY	2					
	20 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 2-5 BU	PHOENIX CONTACT OY	2					
	21 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 3-5	PHOENIX CONTACT OY	2					
	22 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 3-5 BU	PHOENIX CONTACT OY	2					
	23 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 5-5	PHOENIX CONTACT OY	1					
	24 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 5-5 BU	PHOENIX CONTACT OY	1					
	25 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 10-5	PHOENIX CONTACT OY	6					
	26 RINNANLIITÄNTÄ	FBS 10-5 BU	PHOENIX CONTACT OY	6					
	27 RIVULITINRELE 24VDC	PLC-RSC- 24DC/21	PHOENIX CONTACT OY	5					
	28 POISTOSUODATIN	SK3240 200 (255x255)	RIITAL	1					
	29 SUODATINTUULETIN	SK3241 100 (230VAC, 255x255)	RIITAL	1					
	30 SOKKELI ETU/TAKA	8602 200 (1200x200)	RIITAL	1					
	31 SOKKELI SIVUT	8602 050 (200x500)	RIITAL	1					
	32 KYTKENTÄKAAPI	TS8205 500 (1200x2000x500)	RIITAL	1					
	33 KAAVOSTASKU	PS 4115 000 (TERÄS LEVY500mm)	RIITAL	1					
	34 CD/DVD LAATIKKO	SZ 2446 000	RIITAL	1					
	35 VALAISIN 18W	SZ 4138 180 L=630mm	RIITAL	1					
A muutos	SINERBYCHOFF OY		Osalluettelo laitteiden mukaan määriteltäviä	Suunn. pilaus 1/9.2015		Kokonaismäärä G027 2/3	Pilaus n:o	Sähkösuojus AKIO 14B	Yhteensä
B muutos	KERÄVÄ								
C muutos	KENNOPESUKONE			Pilaus n:o					
0702									

1.9.2015									
D muutos									
E muutos									
F muutos									
LAITE		TYPPI		VALMISTAJA		MÄÄRÄ	NIMIKE	ALI-HANKINTA	HUOM.
1		TERMOSTAATTI	SK3110.000		RIITAL	1			
2		N-/PE-KISKOT 400V/500V	KNA5.117		ENSTO-AUTOMAATIO OY AB	1			
3		PISTORASIA	Z7-SD /230		MOELLER	2			
4		VIRTAΛHDE	6ES7 307-1EA01-0AA0		SIEMENS	1			
5		CPU 315-2 DP	6ES7 315-2AH14-0AB0		SIEMENS	1			
6		MMC 2MB 3.3V	6ES7 953-8LJ31-0AA0		SIEMENS	1			
7		S7-300 ASENNUSKISKO 480mm	6ES7 390-1AE80-0AA0		SIEMENS	1			
8		PROFIBUS-LIITIN	6ES7 972-0BB42-0XA0		SIEMENS	2			
9		TULOYKSIKKÖ	6ES7 321-1BL00-0AA0		SIEMENS	2			
10		LÄHTÖYKSIKKÖ	6ES7 322-1BL00-0AA0		SIEMENS	3			
11		ANALOGINEN TULO- JA LÄHTÖYKSIKKÖ	6ES7 331-7KF02-0AB0		SIEMENS	3			
12		IP 177B-OHJAUSPANEU VÄRI	6AV6 642-0BA01-1AX1		SIEMENS	1			
13		S7-300 ETUPISTOKE	FLKM 14-PA-S300		PHOENIX CONTACT OY	1			
14		S7-300 ETUPISTOKE	FLKM 50-PA-S300		PHOENIX CONTACT OY	2			
15		S7-300 ETUPISTOKEADAPTERI	VP-PA-FLK14/2.5M/57		PHOENIX CONTACT OY	1			
16		S7-300 ETUPISTOKEADAPTERI	VP-PA-FLK50/2.5M/57		PHOENIX CONTACT OY	2			
17		PASSIIVINEN VAHTIMODUULI 16-KAN	UM 45-2FLK14/ZKDS/57		PHOENIX CONTACT OY	1			
18		PASSIIVINEN VAHTIMODUULI 32-KAN	UM 45-FLK50/LA/ZKDS/PLC		PHOENIX CONTACT OY	2			
19		MAGNETTINEN TURVAKYTKIN	SSSR24BXUS-133		COMITRONIC-BTI	2			
20		KOODATTU TURVAKYTKIN	ANATOM 78S		COMITRONIC-BTI	1			
21		LAMPÖTILA-ANTURI MBT 5252	08423101		DANFOSS	2			
22		KYTKENTÄRASIA	CT-541		BERNSTEIN	4			
23		PINNANKORKEUSKYTKIN	5311		AKO	2			
24		MAGNETTIVENTTIILI	EY1317-50-02F-0		SMC	2			
25		MAGNETTIVENTTIILI 6213EV	221622		BURKERT	1			
26		MAGNETTIVENTTIILI 0406	021004		BURKERT	2			
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
A muutos		SINERBYCHOFF OY		Osailuetteio		Suunn./9.2015		Kaasotus	Sigilgocatio
B muutos		KERÄVÄ		laitetypin mukaan		0027		AKIO 148	työno
C muutos		KENNÖPESUKONE		määräluetteio		3/3		Pirustus n:o	0702

1.9.2015																	
A muutokset		Rivi NO.		KAAPELINUMERO		KAAPELIN TYYPPI		MISTÄ		MIHIN		PIT.		PIIR NUMERO		HUOM.	
B muutokset																	
C muutokset																	
		1	AK10 14B-W1	AMOMK 4x185x57 Cu	+PK10.14B	AK10 14B		0301/1									
		2	152-W1	QUFLEX CLASSIC 110 7x0.50	152	AK10 14B		0301/6									
		3	153-W1	QUFLEX CLASSIC 110 7x0.50	153	AK10 14B		0301/6									
		4	M01-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U01			0301/21									
		5	M01-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U01			0301/21									
		6	M02-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U02			0301/21									
		7	M02-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U02			0301/21									
		8	M03-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U03			0301/22									
		9	M03-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U03			0301/22									
		10	M04-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U04			0301/22									
		11	M04-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U04			0301/22									
		12	M05-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U05			0301/23									
		13	M05-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U05			0301/23									
		14	M06-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 702.5	U06			0301/23									
		15	M06-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 302.5	U06			0301/23									
		16	M07-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 701.5	U07			0301/24									
		17	M07-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 301.5	U07			0301/24									
		18	M08-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 701.5	U08			0301/24									
		19	M08-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 301.5	U08			0301/24									
		20	M09-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 701.5	U09			0301/25									
		21	M09-W2	QUFLEX CLASSIC 110 CY 301.5	U09			0301/25									
		22	P3-LM01-W1	QUFLEX CLASSIC 110 CY 5x1.5	K10			PESUJÄNEEN ANNOTTELU									
		23	PESUKONE-W1	02-J 2x40.75	AK10 15F 020	AK10 14B		0301/6									
		24	P1-W1	QUFLEX CLASSIC 110 2x1.0	XA12	R1		0301/20									
		25	P2-W1	QUFLEX CLASSIC 110 2x1.0	XA12	R2		0301/20									
		26	P4-W1	55SR24BX 7x0.50	AK10 14B	S4		0301/8									
		27	P5-W1	55SR24BX 7x0.50	AK10 14B	S5		0301/8									
		28	P8-W1	ANATOW 785 7x0.50	AK10 14B	S7		0301/10									
		29	P8-W1	QUFLEX CLASSIC 110 2x1.0	4F5	S8		0301/10									
		30	P9-W1	QUFLEX CLASSIC 110 2x1.0	4F5	S9		0301/10									
		31	T10-W1	QUFLEX CLASSIC 110 301.0	XA08	T10		0301/16									
		32	T11-W1	QUFLEX CLASSIC 110 301.0	XA08	T11		0301/16									
		33	T20-W1	QUFLEX CLASSIC 110 301.0	XA08	T20		0301/16									
		34	T21-W1	QUFLEX CLASSIC 110 301.0	XA08	T21		0301/16									
		35	T3-W1	QUFLEX CLASSIC 110 301.0	XA08	T3		0301/16									
		36															
		37															
		38															
		39															
		40															
		41															
		42															
		43															
		44															
		45															
		46															
		47															
		48															
		49															
		50															
						Kaapeliuutelo											
						Suunnitelma 02/9.2015 Pit. 1/1 Tark.											
						Käyttösuhteus AK10 14B											
						0801											